



JULIANA PINTO DE LIMA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA, ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE “*IN VITRO*” E PERFIL
VOLÁTIL DA MANGABA (*Hancornia speciosa*)
SUBMETIDA À REFRIGERAÇÃO E
ATMOSFERA MODIFICADA**

LAVRAS – MG

2011

JULIANA PINTO DE LIMA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE “*IN VITRO*” E PERFIL VOLÁTIL DA MANGAGA (*Hancornia speciosa*)
SUBMETIDA À REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lima, Juliana Pinto de.

Qualidade pós-colheita, atividade antioxidante “in vitro” e perfil volátil da mangaba (*Hancornia speciosa*) submetida à refrigeração e atmosfera modificada / Juliana Pinto de Lima. – Lavras : UFLA, 2011.

194 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Bibliografia.

1. Fruto do cerrado. 2. Perfil antioxidante. 3. Conservação pós-colheita. 4. Temperatura. 5. Embalagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.8047

JULIANA PINTO DE LIMA

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE “*IN VITRO*” E PERFIL VOLÁTIL DA MANGAGA (*Hancornia speciosa*)
SUBMETIDA À REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA MODIFICADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2011.

Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

UFLA

PhD. Ester Alice Ferreira

EPAMIG

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS – MG

2011

A Deus, por nunca se ausentar e guiar meus passos.

Aos meus pais, Áurea Lúcia e José João, por incentivarem este sonho e por permitirem que eu voasse... buscando sempre voos mais altos!

Ao meu namorado Bruno, por dividir comigo todos os momentos e por acreditar que este sonho seria possível, por vezes mais do que eu mesma...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

“Você não sabe o quanto eu caminhei... Para chegar até aqui...

Percorri milhas e milhas, antes de dormir...”

A realização de mais um sonho se concretiza aqui e agradeço a muitas pessoas que estiveram ao meu lado durante esta caminhada. Cada uma teve uma importância especial e singular no meu caminho.

Agradeço a Deus, por guiar meus passos, iluminar o caminho, por nunca me deixar sozinha, mesmo nas horas mais difíceis e por, novamente, me colocar no lugar certo, com as pessoas certas, no tempo certo, permitindo que eu vivenciasse esta experiência ímpar.

Aos meus pais, José João e Áurea Lúcia, por sempre me apoiarem nas minhas escolhas, mas, ficando ali, na retaguarda, para me acolherem caso o caminho se mostrasse mais difícil do que se apresentava. Por compreenderem a ausência, a distância e por me oferecerem um dos mais preciosos bens, o estudo. E aos meus demais familiares, especialmente meus irmãos, Anderson e Alisson e minha cunhada Lígia, pelo pensamento positivo, torcendo pela realização deste sonho.

Ao meu querido namorado, Bruno, pela presença constante, paciência sem limites, pelos valiosos conselhos, pelo imenso carinho e atenção durante todo este período e, acima de tudo, por sonhar os meus sonhos, me amparar nos momentos difíceis, se alegrar com as minhas vitórias e por sempre caminhar junto comigo, respeitando o meu tempo. Agradeço pela pessoa melhor e mais feliz que sou quando estou ao seu lado. Obrigada também à sua família, pelo carinho e torcida de sempre.

Ao meu orientador, professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por ter me ensinado, desde o princípio, que, para se formar uma boa dissertação, é necessário o tripé: tempo, dedicação e critério. Tomo a liberdade de

acrescentar mais um fator fundamental às suas palavras: uma boa orientação. E esta última posso dizer que tive. Muito obrigada, professor, pela acolhida e pela orientação necessária, segura, cuidadosa e pelo respeito profissional que foi conquistado no decorrer da construção deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de cursar o mestrado, pelas condições de trabalho e por ter me acolhido tão bem, mais do que eu imaginei.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro, em especial pela concessão da bolsa de estudos. Também agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo suporte financeiro.

A minha querida amiga Caroline Roberta “Estrela” Pires, que tive a sorte de encontrar pelo caminho, meu braço direito e esquerdo no laboratório, pela incontável ajuda durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Muito poderia estar comprometido se não fosse a sua disponibilidade, paciência e atenção para comigo. Obrigada também, Carol, pelos tantos momentos de alegria e companheirismo que passamos juntas. Valeu, Carol, você foi 10!

À professora Dra. Ana Carla Marques Pinheiro, agradeço pela coorientação, por sempre ter me acolhido tão bem, de forma tão simpática e prestativa, pela total disponibilidade para me ajudar, mesmo em meio a tantos compromissos.

À pesquisadora da EPAMIG Dra. Ester Alice Ferreira, pela gentileza, atenção e disponibilidade, participando da minha banca de defesa. Muito obrigada pelas valiosas contribuições.

Ao professor Mário César Guerreiro, pela atenção e por disponibilizar a infraestrutura do Laboratório de Análise e Prospecção Química e ao doutorando Cleiton, pela ajuda na utilização do CG-MS e na interpretação dos dados.

Ao professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela atenção e por responder às minhas dúvidas, sempre pacientemente.

Ao professor Wilson César de Abreu, pela gentileza e ajuda de sempre.

À doutoranda e amiga Rosi, pelas sugestões e ajuda na análise estatística.

Aos meus queridos amigos de Curvelo, em especial à amiga Christiane, por me mostrar que amizades verdadeiras podem sim se fortalecer nas distâncias. O seu carinho foi essencial durante a construção deste trabalho.

Às amigas: Camila, obrigada pelas conversas e momentos tão agradáveis e pelo carinho e atenção de sempre; Andréa, pela simpatia, paciência em tantos momentos, pelas dúvidas solucionadas e pelo pensamento positivo de que tudo iria dar certo; Heloísa, pela ajuda nas análises, pela atenção e pelos conselhos; Cristiane, pela amizade e experiências compartilhadas; Fabiana, pelas excelentes conversas e momentos de descontração e às amigas de república, pela atenção e crescimento pessoal.

Ao amigo professor Dr. Ulisses Nascimento, por se preocupar comigo, se mostrar tão solícito a me ajudar sempre que preciso e por acreditar no meu potencial.

Aos amigos do Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças que sempre me ajudaram, seja no esclarecimento de dúvidas, na execução do experimento ou, mesmo, pela companhia agradável, que tornou os meus dias mais leves e felizes no laboratório. Edson, Flávia, Juliana Alvarenga, Daniella, Rita, Paulo, Suzana, Luisinho, Kelly, Laís, Ana Carolina, Vívian, André, Ana Clara, Marina, Mariana e Daniela, obrigada!

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial, Tina, Flávia, Sr. Miguel e Lucilene, pela disposição.

À empresa Plantar, pelo fornecimento dos frutos utilizados neste trabalho, em especial ao funcionário e amigo Daniel, pelo tempo dispensado e atenção durante o período no campo.

No mais, a todos que foram importantes e especiais na realização deste sonho, obrigada!

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos
não é senão uma gota de água no mar...
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A mangaba, fruto nativo do cerrado, apresenta grande potencial de exploração devido às características sensoriais atrativas e elevado valor nutricional. Porém, a sua comercialização é dificultada devido a sua grande perecibilidade e conseqüente tempo de vida útil reduzido. Assim este trabalho foi realizado com o objetivo de se propor tecnologias de conservação para este fruto, enfocando-se o estudo da influência da refrigeração e atmosfera modificada sobre a qualidade pós-colheita, perfil volátil e atividade antioxidante da mangaba. Para tanto, foram montados três experimentos, conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro, mangabas foram armazenadas sob quatro temperaturas: 0°, 6°, 12° e 24°C, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias, (fatorial 4x5). Já no segundo, os frutos foram armazenados sob as temperaturas 0°, 6° e 12°C por 20 dias, sendo que a cada 5 dias foram expostos por 2 dias à temperatura ambiente e analisados (fatorial 3x4). No terceiro experimento, mangabas foram acondicionadas em três diferentes embalagens: embalagem de polietileno (PET) com tampa do mesmo polímero; embalagem PET revestida com filme de policloreto de vinila (PVC) com espessura de 20µm e embalagem PET revestida com filme PVC com espessura de 60µm. Os frutos foram armazenados durante 20 dias à temperatura de 12°C sendo realizadas avaliações a cada 5 dias (fatorial 3x5). Em todo o trabalho foram avaliadas as seguintes variáveis: monitoramento da concentração de O₂ e CO₂, perda de massa fresca, coloração, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, acidez titulável, pH, firmeza, pectina total, pectina solúvel, atividade de pectinametilesterase e poligalacturonase, atividade antioxidante, compostos fenólicos, vitamina C e perfil volátil. Os dados da composição dos voláteis foram submetidos à Análise de Componente Principal, já para as demais variáveis os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se software R, em que usou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativo, a comparação de médias para as temperaturas ou para embalagens foi realizada por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e para dias foi realizada, análise de regressão. Em suma, a temperatura de 12°C foi mais efetiva na conservação do fruto, pois não determinou nenhum efeito depreciativo sob as características da mangaba, já as temperaturas de 0 e 6°C provocaram “*chilling*” no fruto. A embalagem de polietileno revestida com filme de policloreto de vinila com espessura de 60µm determinou menores oscilações ao longo do tempo, principalmente no que diz respeito a menor solubilização pectica, diminuição da conversão de amido em açúcares e aumento da acidez, ou seja, retardou as modificações naturais que acontecem no fruto, proporcionando melhor conservação. A mangaba apresentou alta atividade antioxidante, graças aos

teores elevados de compostos fenólicos e vitamina C verificados, contudo independente do tratamento utilizado verificou-se uma redução da atividade antioxidante com o decorrer do armazenamento independente da temperatura ou embalagem utilizada. A composição volátil da mangaba se mostrou diversa, apresentando alcoóis, aldeídos, terpenos, cetonas, ésteres e a presença de outros hidrocarbonetos.

Palavras-chave: Mangaba. Conservação. Qualidade pós-colheita. Refrigeração. Atmosfera modificada.

ABSTRACT

The mangaba fruit, a native fruit from the Brazilian savannah, presents high use potential due to its attractive sensorial characteristics and high nutritional value. However, its commercialization is hindered due to its high perishability and consequent reduced shelflife. Therefore, this work was conducted with the objective of proposing preservation technologies for this fruit, focusing on the study of the influence of refrigeration and modified atmosphere on the postharvest quality, volatile profile and antioxidant activity of the mangaba fruit. For that, three experiments were set up, carried out in a completely randomized design. In the first, mangaba fruits were stored under four different temperatures: 0°, 6°, 12° and 24°C, conducting evaluations every 5 days, (4x5 factorial.). In the second, the fruits were stored under the temperatures 0°, 6° and 12°C for 20 days, and every 5 days were exposed for 2 days to room temperature and analyzed (3x4 factorial). In the third experiment, mangaba fruits were conditioned in three different packagings: polyethylene (PET) packaging with a cover of the same polymer; PET packaging covered with 20µm thick polyvinyl chloride film (PVC) and PET packaging covered with 60µm thick PVC film. The fruits were stored for 20 days at 12°C conducting evaluations every 5 days (3x5 factorial). In the whole work the following variables were analysed: monitoring of the O₂ and CO₂ concentration, fresh mass loss, coloration, soluble solids, total soluble sugars, titratable acidity, pH, firmness, total pectin, soluble pectin, pectinmethylesterase and polygalacturonase activity, antioxidant activity, phenolic compounds, vitamin C and volatile profile. The composition data of the volatiles were submitted to Principal Component Analysis, the results for the other variables were submitted to statistical analyses using the R software, in which variance analysis was used through the F test, to verify the difference among the treatments. When significant, the comparison of averages for the temperatures or for packaging was conducted through the Scott-Knott test to 5% of probability, and for days, regression analysis was conducted. In summary, the temperature of 12°C was more effective in the preservation of the fruit, because it not cause any prejudicial effect to the mangaba fruit characteristics, the temperatures of 0 and 6°C promoted chilling injury in the fruit. The polyethylene packaging covered with 60µm thick polyvinyl chloride film determined lower oscillations over the storage period, mainly in regards to lower pectic solubilization, decrease of the starch to sugar conversion and acidity increase, in other words, it delayed the natural modifications that occur in the fruit, providing better preservation. The mangaba fruit presented high antioxidant activity, because of the high verified phenolic compounds and vitamin C levels, however independent of the treatment used, a reduction of the antioxidant activity was verified during

storage, independent of the temperature or packaging used. The volatile profile of the mangaba fruit showed diverse, presenting alcohols, aldehydes, terpenes, ketones, esters and the presence of other hydrocarbons.

Keywords: Mangaba. Preservation. Postharvest quality. Refrigeration. Modified atmosphere.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Temperatura e teor médio da variável L* dos frutos armazenados, em cada uma delas.....	70
Tabela 2	Temperatura e teor médio da variável sólidos solúveis dos frutos armazenados em cada uma delas.....	77
Tabela 3	Temperatura e teor médio da variável açúcares solúveis totais dos frutos armazenados em cada uma delas	78
Tabela 4	Temperatura e teor médio da variável acidez titulável total dos frutos armazenados em cada uma delas	79
Tabela 5	Temperatura e teor médio da variável pH dos frutos armazenados em cada uma delas.....	80
Tabela 6	Temperatura e teor médio da variável acidez total titulável dos frutos armazenados em cada uma delas	81
Tabela 7	Teor médio da variável firmeza em diferentes temperaturas ao longo do armazenamento.....	87
Tabela 8	Temperatura e teor médio da variável pectina total dos frutos armazenados em cada uma delas.....	88
Tabela 9	Temperatura e teor médio da variável pectina solúvel dos frutos armazenados em cada uma delas.....	88
Tabela 10	Temperatura e teor médio da variável enzima poligalacturonase dos frutos armazenados em cada uma delas	88

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Temperatura e teor médio da variável vitamina C dos frutos armazenados em cada uma delas.....	110
----------	---	-----

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Embalagens e teor médio de O ₂ dos frutos armazenados em cada uma delas.....	129
Tabela 2	Embalagens e teor médio de CO ₂ dos frutos armazenados em cada uma delas.....	130
Tabela 3	Embalagem e teor médio da perda de massa dos frutos armazenados em cada uma delas.....	132

CAPÍTULO 5

Tabela 1 Constituintes voláteis, tempo de retenção médio (TRM) e porcentagem de áreas relativas dos componentes aromáticos da mangaba (*Hancornia speciosa*), em diferentes tempos de armazenamento e diferentes embalagens. Controle: dia inicial, antes de submeter ao acondicionamento/ PVC 1T1: 5 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T1: 5 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T1: 5 dias armazenada em PET/ PVC 1T2: 10 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T2: 10 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T2: 10 dias armazenada em PET/ PVC 1T3: 15 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T3: 15 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T3: 15 dias armazenada em PET/ PVC 1T4: 20 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T4: 20 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T4: 20 dias armazenada em PET..... 163

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1	Mangabas apresentadas sob diversas formas	30
----------	---	----

CAPÍTULO 2

Gráfico 1	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L^* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	68
Figura 1	Mangabas armazenadas por 20 dias em diferentes temperaturas. A: mangabas armazenadas em 0°C, B: mangabas armazenadas em 6°C, C: mangabas armazenadas em 12°C.....	69
Gráfico 2	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L^* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente.....	70
Gráfico 3	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L^* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias.....	71
Gráfico 4	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável a^* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente.....	72
Gráfico 5	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b^* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	73
Gráfico 6	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b^* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C e 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente.....	74
Gráfico 7	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável sólidos solúveis (A) e dos açúcares solúveis totais (B) em mangabas armazenadas em quatro	

	temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância...	76
Gráfico 8	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável acidez titulável total em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias.....	79
Gráfico 9	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pH em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C e 12°C e, posteriormente, à temperatura ambiente.....	82
Gráfico 10	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável firmeza em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C.....	83
Gráfico 11	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pectina total em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.....	84
Gráfico 12	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pectina solúvel em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.....	85
Gráfico 13	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável enzima poligalacturonase em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, A 5% de significância.....	86

CAPÍTULO 3

Gráfico 1	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da atividade antioxidante total (AAT) em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, armazenadas por 20 dias.....	107
Gráfico 2	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos compostos fenólicos totais em mangabas	

	armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, armazenadas por 20 dias	109
Gráfico 3	Análise de componentes principais (PCA) em relação aos tempos e temperaturas de armazenamento da mangaba. CONT: Dia inicial, antes de submeter as demais temperaturas/0°C T1: 5 dias a 0°C/6°C T1: 5 dias a 6°C/12°C T1: 5 dias a 12°C/24°C T1: 5 dias a 24°C/0°C T2: 10 dias a 0°C/6°C T2: 10 dias a 6°C/12°C T2: 10 dias 12°C/0°C T3: 15 dias a 0°C/6°C T3: 15 dias a 6°C/12°C T3: 15 dias a 12°C/0°C T4: 20 dias a 0°C/6°C T4: 20 dias a 6°C/12°C T4: 20 dias a 12°C.....	115
Gráfico 4	Análise de componentes principais PCA em relação aos tempos de armazenamento e temperatura a que foi submetida a mangaba. (1) Butano-2,3-diol; (2) 3-Metil-1-butanol; (3) 4-Penten-1-ol; (4) Trans-Hex-3-en-1-ol; (5) Hexan-1-ol; (6) Trans-linalool oxide; (7) Decan-1-ol; (8) Linalool; (9) 3-Nonen-1-ol; (10) Alfa terpineol; (11) Trans-dec-2-en-1-ol; (12) Nerol; (13) Dodecan-1-ol; (14) Lactato de metila; (15) Lactato de etila; (16) Acetato de hexila; (17) 2-Hidroxi-2-butanona; (18) Hexanal; (19) 2-Hexenal; (20) Trans-hexa-2,4-dienal; (21) Benzaldeído; (22) Trans-oct-2-enal; (23) Nonanal; (24) Trans-non-2-enal; (25) Decanal; (26) Trans-dec-2-enal; (27) Hex-1-eno; (28) 1,3,8-p-menthatriene; (29) Alfa copaeno; (30) β-Elemeno; (31) Tetradecano; (32) (Z)-β-cariofileno; (33) Hexadecano; (34) Heptadecano; (35) Octadec-1-eno; (36) Octadecano	116

CAPÍTULO 4

Gráfico 1	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da porcentagem de CO ₂ em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, 12°C	130
Gráfico 2	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da perda de massa em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C.....	132
Gráfico 3	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C.....	134
Gráfico 4	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável a* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C.....	134

Gráfico 5	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b^* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C	135
Gráfico 6	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos sólidos solúveis em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C	137
Gráfico 7	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos açúcares solúveis totais em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	138
Gráfico 8	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável amido em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	139
Gráfico 9	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pH em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C	141
Gráfico 10	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável acidez total titulável em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	141
Gráfico 11	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da firmeza de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C	143
Gráfico 12	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da pectina solúvel de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância	144
Gráfico 13	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da poligalacturonase (A) e pectina total (B) de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma	

letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância..... 145

CAPÍTULO 5

- Gráfico 1 Análise de componentes principais PCA, em relação aos tempos de armazenamento e ao tipo de embalagem da mangaba. CONT: Dia inicial, antes de submeter ao acondicionamento/PVC 1T1: 5 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T1: 5 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T1: 5 dias armazenada em PET/PVC 1T2: 10 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T2: 10 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T2: 10 dias armazenada em PET/PVC 1T3: 15 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T3: 15 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T3: 15 dias armazenada em PET/PVC 1T4: 20 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T4: 20 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T4: 20 dias armazenada em PET..... 167
- Gráfico 2 Análise de componentes principais PCA em relação aos tempos de armazenamento e tipo de embalagem da mangaba. (1) 5-Metil Hexan-1-ol; (2) Propano-1,2-diol; (3) Butano-2,3-diol; (4) 3-Metil-1-butanol; (5) 4-Penten-1-ol; (6) 3-Metil-2-buten-1-ol; (7) Trans-Hex-3-en-1-ol; (8) Trans- Linalool oxide; (9) Linalool; (10) Tetrahidrolinalool; (11) Alfa terpineol; (12) Nerol; (13) Dodecan-1-ol; (14) 2,4-dimetil-heptan-1-ol; (15) 1-undecanol; (16) Farnesol; (17) Trans-hexa-2,4-dienal; (18) Trans-Hexe-2-nal; (19) Benzaldeído; (20) Nonanal; (21) Decanal; (22) Trans-dec-2-enal; (23) Trans-deca-2,4-dienal; (24) Undecanal; (25) Tetradecanal; (26) 3-Hidroxi-2-butanona; (27) Salicilato de metila; (28) Dodecanoato de metila; (29) 1,3,8-p-menthatriene; (30) Alfa copaeno; (31) β -Elemeno; (32) Tetradecano; (33) (Z)- β -cariofileno; (34) Pentadecano; (35) 4-Metil heptadecano 169
- Gráfico 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da atividade antioxidante total (AAT) em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C 170
- Gráfico 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos compostos fenólicos totais em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C..... 172
- Gráfico 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da vitamina C em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μm e PVC 60 μm , por 20 dias, a 12°C 173

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Considerações gerais sobre a mangaba: características físicas, químicas, atividade antioxidante, qualidade e conservação pós-colheita	24
1	INTRODUÇÃO GERAL	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1	O cerrado brasileiro	26
2.2	A cultura da mangabeira	28
2.3	Caracterização da mangaba	29
2.3.1	Características gerais	29
2.3.2	Produção e comercialização da mangaba	30
2.3.3	Propriedades nutricionais	32
2.3.4	Atividade antioxidante	33
2.3.5	Qualidade pós-colheita	38
2.3.5.1	Aparência	38
2.3.5.2	Textura	39
2.3.5.3	Sabor	41
2.3.5.4	Aroma (constituintes voláteis)	43
2.3.6	Conservação pós-colheita	46
	REFERÊNCIAS	51
	CAPÍTULO 2 Qualidade pós-colheita da mangaba armazenada sob diferentes temperaturas	58
1	INTRODUÇÃO	60
2	MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1	Obtenção dos frutos e organização do experimento	62
2.2	Análises	63
2.2.1	Coloração	63
2.2.2	Sólidos solúveis	64
2.2.3	Açúcares solúveis totais	64
2.2.4	Acidez titulável e pH	64
2.2.5	Firmeza	65
2.2.6	Pectina total e pectina solúvel	65
2.2.7	Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)	65
2.2.8	Análises estatísticas	66
2.3	Delineamento experimental	66
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4	CONCLUSÕES	90
	REFERÊNCIAS	91

	CAPÍTULO 3	Potencial antioxidante <i>in vitro</i> e constituintes voláteis da mangaba armazenada em diferentes temperaturas.....	94
1	INTRODUÇÃO.....		97
2	MATERIAL E MÉTODOS		100
2.1	Obtenção dos frutos e organização do experimento		100
2.2	Análises		101
2.2.1	Atividade antioxidante total.....		101
2.2.2	Compostos fenólicos totais		103
2.2.3	Vitamina C		103
2.2.4	Compostos voláteis.....		104
2.2.5	Análises estatísticas.....		105
2.3	Delineamento experimental		106
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		107
3.1	Atividade antioxidante		107
3.2	Compostos voláteis.....		111
4	CONCLUSÕES.....		118
	REFERÊNCIAS.....		119
	CAPÍTULO 4	Qualidade pós-colheita da mangaba submetida ao armazenamento em diferentes embalagens	121
1	INTRODUÇÃO.....		123
2	MATERIAL E MÉTODOS		124
2.1	Obtenção dos frutos e organização do experimento		124
2.2	Análises		125
2.2.1	Monitoramento da concentração de O₂ e CO₂ (%)		125
2.2.2	Perda de massa fresca (%).....		125
2.2.3	Coloração.....		126
2.2.4	Sólidos solúveis.....		126
2.2.5	Açúcares solúveis totais		126
2.2.6	Amido.....		126
2.2.7	Acidez titulável e pH.....		127
2.2.8	Firmeza		127
2.2.9	Pectina total e pectina solúvel.....		127
2.2.10	Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).....		127
2.2.11	Análises estatísticas.....		128
2.3	Delineamento experimental		128
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....		129
4	CONCLUSÕES.....		148
	REFERÊNCIAS.....		149
	CAPÍTULO 5	Perfil volátil e atividade antioxidante <i>in vitro</i> da mangaba armazenada em diferentes embalagens.....	152
1	INTRODUÇÃO.....		154
2	MATERIAL E MÉTODOS		156

2.1	Obtenção dos frutos e organização do experimento	156
2.2	Análises	157
2.2.1	Compostos voláteis.....	157
2.2.2	Atividade antioxidante total.....	159
2.2.3	Compostos fenólicos totais	160
2.2.4	Vitamina C	160
2.2.5	Análises estatísticas.....	161
2.3	Delineamento experimental	161
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	162
3.1	Compostos voláteis.....	162
3.2	Atividade antioxidante	169
4	CONCLUSÕES	175
	REFERÊNCIAS	176
	APÊNDICES	179

CAPÍTULO 1

Considerações gerais sobre a mangaba: características físicas, químicas, atividade antioxidante, qualidade e conservação pós-colheita

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado destaca-se pela riqueza de sua biodiversidade, constituindo o segundo maior bioma do país e ocupando cerca de 25% do território brasileiro. Os frutos das espécies nativas do cerrado apresentam grande potencial de utilização, oferecendo elevado valor nutricional além de atributos sensoriais, como coloração, sabor e aroma peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente. Dentre os frutos das espécies nativas do cerrado, destaca-se a mangaba (*Hancornia speciosa*).

A mangaba apresenta polpa branca agridoce e aromática, podendo ser consumida *in natura*, quando madura ou sob a forma de sucos, licores, sorvetes, geleias, vitaminas e doces diversos. No entanto, a comercialização da mangaba encontra entraves principalmente associados à sua grande perecibilidade e consequente tempo de vida útil reduzido. Dessa forma, um maior conhecimento sobre o comportamento deste fruto facilitaria a formulação de propostas que visem ao aumento de sua vida útil pós-colheita.

A questão da qualidade pós-colheita da mangaba está relacionada com a minimização da sua taxa de deterioração. Para tanto, podem ser empregadas técnicas como a refrigeração e a atmosfera modificada; ambas têm se mostrado eficazes para o aumento da durabilidade de frutos.

Sendo assim, considerando-se o potencial econômico da espécie e a necessidade de se propor tecnologias de conservação para este fruto, foi

desenvolvida esta dissertação, que se divide em cinco capítulos, como descritos a seguir.

O primeiro capítulo deste trabalho inicia-se com uma revisão de literatura sobre as considerações gerais sobre o bioma cerrado, dando enfoque à cultura da mangabeira no Brasil. Posteriormente, faz-se uma descrição das principais características da mangaba: aspectos físicos, químicos, produção e comercialização do fruto, propriedades nutricionais, perfil antioxidante, qualidade e conservação pós-colheita.

No segundo capítulo estuda-se a qualidade pós-colheita da mangaba submetida ao armazenamento em diferentes temperaturas. Para tanto, foram apresentadas as mudanças nas características físicas, químicas e bioquímicas avaliadas durante o armazenamento.

No terceiro capítulo evidencia-se o comportamento da atividade antioxidante e dos constituintes voláteis da mangaba armazenada em diferentes temperaturas.

No quarto capítulo abordam-se as alterações nas características físicas, químicas e bioquímicas da mangaba submetida ao armazenamento em diferentes embalagens.

No quinto e último capítulo prioriza-se o estudo das possíveis modificações no perfil volátil e na atividade antioxidante da mangaba armazenada sob atmosfera modificada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O cerrado brasileiro

No Brasil pode-se considerar a ocorrência de seis grandes biomas: o Cerrado, os Campos Sulinos, as Florestas Atlântica e de Araucária, a Caatinga, a Floresta Amazônica e o Pantanal. A localização geográfica destes biomas é condicionada predominantemente pelos fatores climáticos, como a temperatura, a pluviosidade e a umidade relativa, e, em menor escala, pelo tipo de substrato (RIBEIRO; WALTER, 2008).

De acordo com Roque (2006), a segunda maior formação vegetal brasileira, o Cerrado, só perde em extensão para a floresta Amazônica, cobre cerca de 25% do território nacional, numa área de 2 milhões de quilômetros quadrados, ou aproximadamente 204 milhões de hectares. Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Goiás, incluindo o Distrito Federal, são os estados que apresentam as maiores áreas contínuas de cerrado, que ainda invade amplas zonas de transição para a caatinga, a floresta equatorial e a mata atlântica, em São Paulo, Bahia, Piauí, Maranhão e Pará.

O Cerrado encontra-se em terrenos de altitude superior a 700 m, com aparência e características bem definidas. Os solos são bastante diversos, com variações de formação geológica, textura, coloração, permeabilidade e resistência à erosão. Tendem a acidez, com baixa concentração de minerais utilizados pelas plantas e alta concentração de metais ferrosos e alumínio (ROQUE, 2006).

Este mesmo autor afirma que o clima da região é bastante regular, com médias anuais entre 21° e 27°C, mas pode apresentar variações diárias de mais de 15°C. Possui duas estações bem definidas: a chuvosa, que vai de outubro e abril e concentra quase que 90% das precipitações atmosféricas, e a média anual

de chuvas na região gira em torno de 1.200 mm a 1.800 mm. Já a estação seca ocorre nos meses de maio a setembro, coincidindo com o inverno. Nestes meses, a temperatura média pode ficar abaixo dos 20°C e os índices pluviométricos mensais ficam muito reduzidos, podendo cair a zero.

Cerrado é uma palavra de origem espanhola que significa fechado (RIBEIRO; WALTER, 2008). Este termo busca traduzir a característica geral da vegetação arbustivo-herbácea densa que ocorre neste tipo de formação.

Em razão da pouca incidência de chuvas, a vegetação típica do cerrado desenvolveu vários mecanismos de adaptação e sobrevivência. Ramos e troncos são lenhosos e irregulares, com casca grossa e áspera, sendo comum a presença de acúleos. As folhas são ásperas e resistentes e os seus brotos muitas vezes são cobertos de pelos. Hoje, o Cerrado é considerado a savana mais rica do mundo, com mais de 10 mil espécies de plantas, sendo 44% endêmicas, isto é, que ocorrem apenas na região (ROQUE, 2006).

Contudo, as negligências quanto às leis de proteção ambiental, as desenfreadas queimadas, a expansão das fronteiras agrícolas e sua exploração, o desconhecimento e o uso irracional dos recursos naturais têm provocado impactos irreversíveis ao ecossistema desse bioma, gerando comprometimento da sua sustentabilidade e colocando muitas espécies animais e vegetais em risco de extinção, principalmente as fruteiras nativas (RODRIGUES, 2005).

As frutíferas nativas do Cerrado constituem fontes em potencial de exploração econômica, pois apresentam características peculiares, com formas variadas, cores atrativas e sabores característicos (MARTINS, 2006).

Dentre as espécies com potencial econômico, destaca-se a *Hancornia speciosa*, popularmente conhecida como mangabeira, planta que dá origem a mangaba, bastante apreciada por suas qualidades sensoriais e seu valor nutritivo, sendo largamente contemplada e consumida *in natura* ou processada.

2.2 A cultura da mangabeira

A mangabeira pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Gentianales*, família *Apocynaceae*, gênero *Hancornia* e à espécie *Hancornia speciosa*. No gênero *Hancornia*, a espécie mais importante é a *Hancornia speciosa*, descrita por Gomes em 1812 (LEDERMAN et al., 2000).

É uma planta arbórea de porte médio, que atinge de 5 a 10 m de altura. Nativa do Brasil, é encontrada vegetando espontaneamente em várias regiões do país, nas áreas sob Cerrado da região sudeste, norte e centro-oeste e nos tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas do nordeste (VIEIRA NETO et al., 2002).

A mangabeira é uma planta perenifólia de clima tropical, ocorrendo, sobretudo, em áreas de vegetação aberta, com temperatura média ideal entre 24° e 26°C. Apresenta maior desenvolvimento vegetativo nas épocas com temperatura mais elevada e de menor umidade relativa do ar, com pluviosidade ideal entre 750 e 1.600 mm anuais (SANTOS et al., 2007).

Vieira Neto et al. (2002) afirmam que a mangabeira é encontrada em altitudes que vão desde o nível do mar a até mais de 1.500 m, podendo vegetar predominantemente em solos pobres em matéria orgânica, ácidos e com baixos teores de nutrientes, geralmente naqueles classificados como Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzozas) e Latossolo Vermelho e Amarelo.

Apresenta folhas opostas, simples, pecioladas, glabras, brilhantes e coriáceas. Sua inflorescência possui de 1 a 7 flores perfumadas e de coloração branca (SOARES et al., 2006). A mangabeira apresenta, normalmente, na região dos cerrados, floração durante o período de agosto a novembro, com pico em outubro (SANTOS et al., 2007).

A colheita dos frutos é iniciada, normalmente, em novembro ou dezembro e se estende até os meses de maio ou junho (CARNELOSSI et al.,

2004). A qualidade dos frutos colhidos depende das condições de desenvolvimento, as quais influenciam a vida útil pós-colheita. Colheitas realizadas antes de os frutos atingirem completa maturação fisiológica prejudicam o seu processo de amadurecimento, afetando a sua qualidade. Por outro lado, a colheita de frutos totalmente maduros reduz sua vida útil, dificulta o seu manuseio e transporte, devido à sua baixa resistência física, causando perdas quantitativas e qualitativas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Algumas partes da mangabeira apresentam aplicação na medicina popular, como a casca, com propriedade adstringente; o chá da folha, que é usado para curar cólica menstrual (SILVA JÚNIOR, 2004) e o látex, que é utilizado no tratamento de combate à tuberculose, como estimulante das funções hepáticas (uso interno) e no tratamento de úlceras, dermatose e verrugas, no uso externo (SOUSA et al, 2005).

Embora boa parte da planta apresente aplicação caseira, o seu fruto, de sabor e aroma incomparáveis, é o principal produto explorado, sobretudo pelas indústrias de polpas, sucos e sorvetes.

2.3 Caracterização da mangaba

2.3.1 Características gerais

A palavra mangaba é de origem tupi guarani e significa “coisa boa de comer” (EPSTEIN, 2004; SILVA JÚNIOR, 2004). Algumas variantes do nome mangaba são também usadas no Brasil, como mangaíba, mangareíba, mangava, mangaúva e manguba.

De acordo com Sousa et al. (2005) e Barros et al. (2006), os frutos da mangabeira apresentam-se como baga elipsoide ou esférica, de cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca mole e fibrosa,

adocicada, que recobre 2 a 15 sementes achatadas e discoides, com coloração castanho-clara. Em estado de maturação, o fruto tem casca amarelada, com ou sem manchas avermelhadas, é aromático e bastante perecível (Figura 1).



Figura 1 Mangabas apresentadas sob diversas formas

Em média, é constituído de polpa (77%), casca (11%) e semente (12%). No entanto, apenas a polpa assume posição de destaque no aspecto comercial.

A mangaba apresenta ótimo aroma e sabor, sendo utilizada na produção de doces, geleia, xarope, compotas, vinho, vinagre, suco e sorvete. Sua utilização agroindustrial está sendo rapidamente difundida, devido à grande aceitação. Acrescente-se ainda o fato de que este fruto apresenta alto rendimento de polpa, em torno de 94% (VIEIRA NETO et al., 2002).

O fruto é utilizado para a produção de geleia, por apresentar excelente acidez e para a fabricação de sorvete, devido ao seu alto conteúdo de gomas, conferindo-lhe propriedades funcionais de agregação, retenção de sabor e inibição na formação de cristais (SOUZA, 2004).

2.3.2 Produção e comercialização da mangaba

Os dados oficiais mostram que a produção da mangaba ainda é extrativista e os maiores produtores são os estados de Sergipe, Bahia e Paraíba, com produção de 436, 172 e 96 toneladas, respectivamente. Minas Gerais tem

uma produção estimada em 4 toneladas ao ano (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2009) e esta produção se concentra totalmente em municípios das regiões centro e norte.

As áreas em que se pratica o cultivo tecnificado de mangabeira são quase inexistentes; exceção se faz para algumas poucas que ocorrem em Sergipe e Paraíba (SILVA JÚNIOR, 2004).

De acordo com Souza (2004), o ponto ideal de colheita da mangaba não está devidamente determinado, o que faz com que essa atividade ainda seja realizada de maneira um tanto quanto empírica. Quando fisiologicamente maduro, o fruto se desprende da planta e cai no solo, sendo a maneira mais usual de se obter o fruto.

Outra técnica para se determinar o ponto ideal de colheita está baseada na mudança de tonalidade do fruto de verde-água para amarelo-claro, estágio em que se verifica uma ligeira flacidez dos frutos, quando pressionados com os dedos. Normalmente, o tamanho do fruto não é utilizado como indicador de ponto de colheita porque já foram encontrados frutos que mesmo pequenos estavam na sua maturidade fisiológica. Colhendo os frutos antes da queda, evitam-se danos mecânicos que prejudicam a sua aparência, além da presença de detritos e microrganismos do solo que depreciam sua qualidade (SOUZA, 2004).

Os frutos coletados diretamente na árvore são conhecidos como “de vez”; já os frutos coletados do chão, conhecidos como “de caída” ou “de queda”, são aqueles que se desprendem da árvore, completando o amadurecimento poucas horas após a queda. Os frutos “de caída” são os mais valorizados no mercado, embora não possam ser armazenados à temperatura ambiente, devendo ser logo beneficiados. Os frutos colhidos imaturos (verdes) não apresentam boa qualidade (VIEIRA NETO et al., 2002).

De forma geral, os frutos colhidos devem ser lavados e secos à sombra, em local arejado, sendo, em seguida, acondicionados em caixas de plástico,

quando, então, deverão seguir para a agroindústria ou para as centrais de abastecimento. Quando a produção é destinada à indústria, os frutos maduros poderão ser acondicionados em sacos plásticos apropriados e congelados para posterior processamento. Ou, ainda, podem ser imediatamente despulpados e acondicionados em embalagens. A fruta ou a polpa concentrada, mantidas em temperatura adequada, conservam suas propriedades por mais de um ano (VIEIRA NETO et al., 2002).

2.3.3 Propriedades nutricionais

A mangaba apresenta um bom valor nutritivo, com teor proteico (0,7 g.100g⁻¹ de polpa) superior ao da maioria das espécies frutíferas. Em sua composição, encontramos as vitaminas A, B1, B2 e C, além de ferro, fósforo e cálcio. O elevado teor de ferro (28 mg.100g⁻¹ de polpa) no fruto faz com que a mangaba seja uma das frutas mais ricas neste nutriente, além de ser fonte de ácido ascórbico (SOARES et al., 2006).

A associação do ferro com a vitamina C, ou ácido ascórbico, é uma característica importante na composição da fruta, uma vez que esta vitamina aumenta a biodisponibilidade de ferro, ou seja, a vitamina C aumenta a absorção de ferro pelo organismo (PEREIRA et al., 2008).

A mangaba apresenta pequenos teores de lipídios (0,3% - 1,5%), que são ricos em ácido palmítico (29%), oleico (12%), linoleico (18%) e linolênico (8%). O teor de lipídios presentes na polpa da mangaba é insuficiente para a extração comercial dos mesmos, mas o elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados considerados essenciais para o organismo humano enriquece o potencial nutricional da fruta (PEREIRA et al., 2008).

O valor energético, em cada 100 g de fruta, é de cerca de 43 calorias. Altos teores de sólidos solúveis associados à considerável acidez, além do

paladar exótico, conferem à mangaba um sabor muito apreciado pelos consumidores (SOARES et al., 2006).

2.3.4 Atividade antioxidante

As moléculas orgânicas e inorgânicas e os átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, com existência independente, podem ser classificados como radicais livres. Esta configuração faz dos radicais livres moléculas altamente instáveis quimicamente muito reativas. Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 1996; BIANCHI; ANTUNES, 1999; POMPELLA, 1997; YU; ANDERSON, 1997).

Dentre os radicais livres estão incluídos o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), o ácido hipocloroso (HOCL), o hidroperóxido ($\text{HO}_2\cdot$), o superóxido ($\text{O}_2\cdot$), a hidroxila ($\text{OH}\cdot$), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o óxido nítrico ($\text{NO}\cdot$) e o dióxido de nitrogênio ($\text{NO}_2\cdot$), sendo o radical hidroxila o que se apresenta como o mais reativo na indução de lesões (ABREU, 2010; BORGUINI, 2006; SHAMI; MOREIRA, 2004).

Após sua formação, os radicais livres reagem rapidamente com outros compostos celulares, iniciando reações em cascata. Em condições normais, o sistema de defesa antioxidante enzimático (glutathione peroxidase, superóxido-dismutase e catalase) e não enzimático (ácido ascórbico, vitamina E, carotenoides, flavonoides, etc.) controla os efeitos deletérios dos radicais livres. No entanto, se houver produção excessiva de radicais livres, superando a capacidade de defesa do sistema antioxidante, podem ocorrer doenças e danos profundos aos tecidos (ABREU, 2010; DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; SHAMI; MOREIRA, 2004). Dentre os principais danos celulares e doenças

associados à ação dos radicais livres citam-se mal de Alzheimer, câncer, doenças cardiovasculares e artrite reumática, dentre outras.

O termo antioxidante tem natureza multiconceitual. No entanto, de maneira geral, 'antioxidante' pode ser definido como uma família heterogênea de moléculas naturais que, presentes em baixas concentrações, comparativamente às biomoléculas que supostamente protegeriam, podem prevenir ou reduzir a extensão do dano oxidativo (OLIVEIRA et al., 2009).

Dessa forma, os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres, antes que ataquem os alvos biológicos nas células (RODRIGUES, 2010).

Notadamente, compostos antioxidantes estão presentes naturalmente em frutas, sendo que algumas apresentam altas concentrações de determinados grupos (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Assim, várias pesquisas têm surgido no intuito de conhecer a atividade antioxidante nos produtos vegetais. Dentre os principais antioxidantes naturais encontrados em frutos e hortaliças destacam-se o ácido ascórbico e os compostos fenólicos.

O ácido ascórbico, ou vitamina C, é uma substância hidrossolúvel encontrada em diversas frutas e hortaliças. Na natureza, a vitamina C é encontrada na forma reduzida (ácido ascórbico) ou oxidada (ácido deidroascórbico). Ambas são biologicamente ativas e a transformação reversível do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico ocorre normalmente no interior das células (ABREU; 2010; BORGUINI, 2006).

Cerca de 90% das necessidades de vitamina C (ácido ascórbico) do homem são satisfeitas pelo consumo de frutos e hortaliças. Os frutos cítricos estão entre as melhores fontes, não só pelo teor dessa vitamina (50 a 75 mg.100g⁻¹ de suco) como pelo seu elevado consumo nas dietas no mundo inteiro (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Esta substância exerce diversas funções no organismo humano. Dentre elas, participa da hidroxilação da prolina e da lisina, necessárias para a

biossíntese de colágeno, atua na síntese de carnitina e noraepinefrina, aumenta a absorção do ferro não heme mantendo o ferro no estado ferroso e formando um quelato solúvel com o ferro, atua na conversão do colesterol em ácidos biliares e é capaz de doar elétrons neutralizando os radicais livres (ABREU, 2010; COZZOLINO, 2007; DAS et al., 2006; FANTINI et al., 2008; MAIA et al., 2007).

De acordo com Rodrigues (2010), existe grande variação no teor de vitamina C em frutas e hortaliças, sendo esse fato geralmente associado a fatores como influência ambiental (condições do solo, clima, regime pluvial) e grau de maturação, dentre outros fatores pré e pós-colheita.

Na mangaba, a quantificação de vitamina C merece destaque. Conforme mostram algumas pesquisas, a concentração de vitamina C varia numa faixa bem elevada. Rufino et al. (2009) verificaram um teor de $431 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ na polpa da mangaba. Rufino et al. (2010) observaram teores de vitamina C de cerca de $190 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Já Carnelossi et al. (2004), comparando os teores de vitamina C da mangaba com outros frutos, tais como morango, goiaba e abacaxi, verificaram que a mangaba se apresenta como um fruto com teor elevado de vitamina C, ou seja, aproximadamente $252,7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ matéria fresca.

Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluído seus grupos funcionais. Existem cerca de cinco mil fenóis. Dentre eles, destacam-se flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

Os fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução. Além disso, se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos e radiações UV, dentre outros. São encontrados largamente nas plantas e constituem um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Em alimentos,

são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007).

A quantificação de compostos fenólicos pode ser realizada por meio de uma variedade de métodos; todavia, o que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteu (RFC) é o mais extensivamente empregado. O RFC consiste de mistura dos ácidos fofomolibídico e fosfotungstico, na qual o molibdênio se encontra no estado de oxidação (cor amarela); porém, na presença de certos agentes redutores, como os compostos fenólicos, formam-se os chamados complexos molibdênio-tungstênio azuis e, quanto maior a intensidade de coloração azul, maior concentração de substâncias redutoras, no caso dos compostos fenólicos (OLIVEIRA et al., 2009).

Rufino et al. (2009), avaliando a quantidade de fenólicos totais presentes na mangaba, verificam que o fruto apresenta-se como uma boa fonte destes compostos, concentrando cerca de 172 mg de ácido gálico.100 g¹ de fruto.

A eficiência antioxidante de compostos bioativos em alimentos de origem vegetal depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Por sua vez, a quantidade dessas substâncias em vegetais é amplamente influenciada por fatores genéticos, grau de maturação, variedade da planta, condições ambientais, tipo de processamento, tempo de armazenamento e modo de acondicionamento, dentre outros (OLIVEIRA, et al, 2009).

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes. Além disso, os componentes antioxidantes de um alimento podem interagir entre si e produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (ABREU, 2010; KUSKOSKI et al., 2005). Assim, a atividade antioxidante total de um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto avaliado separadamente (ABREU, 2010; BORGUINI, 2006).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para determinar a atividade antioxidante *in vitro*, de forma a permitir uma rápida seleção de substâncias e/ou misturas potencialmente interessantes, na prevenção de doenças crônico-degenerativas, não havendo, portanto, um método que seja universal para todos os extratos de plantas e alimentos (ABREU, 2010; DUARTE-ALMEIDA et al, 2006; NIKI, 2002). A existência de vários métodos para avaliar a atividade antioxidante acarreta dificuldades de seleção de metodologia mais adequada para um determinado estudo. Além disso, as diferentes condições de ensaio utilizadas dificultam a interpretação e a comparação dos resultados obtidos (ABREU, 2010; QUEIROZ, 2006).

Dentre os métodos utilizados para a detecção da capacidade antioxidante de um alimento, destaca-se o método de sequestro de radicais livres, tal como 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH[•]).

O método de sequestro de radicais livres está baseado no descoramento de uma solução composta por radicais estáveis DPPH[•] de cor violeta, quando da adição de substâncias que podem ceder um átomo de hidrogênio. Assim, o método de sequestro de radicais livres por DPPH[•] baseia-se na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSSET, 1995). Dessa forma, o grau de descoramento da solução indica a eficiência de captura do radical pelo antioxidante presente na amostra (ABREU, 2010; QUEIROZ, 2006).

Rufino et al. (2010), avaliando a capacidade antioxidante de 18 frutos tropicais do Brasil, pelo método de sequestro de radicais livres por DPPH[•], verificaram que a mangaba apresenta uma atividade antioxidante considerada elevada superior a diversos frutos, tais como jabuticaba e uvaia.

2.3.5 Qualidade pós-colheita

De modo abrangente, qualidade pode ser definida como o conjunto de características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que têm significância na determinação do grau de aceitação desses produtos pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A qualidade pós-colheita dos frutos está relacionada com a minimização da taxa de deterioração, ou seja, manutenção da firmeza, cor, aparência, sabor, visando mantê-los atraentes ao consumidor por um período de tempo mais longo. Dessa forma, os atributos de qualidade devem ser considerados em conjunto, pois são pouco representativos da qualidade como um todo, se considerados isoladamente (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dentre os atributos de qualidade, destacam-se os descritos a seguir.

2.3.5.1 Aparência

A aparência é um atributo sensorial que sensibiliza a visão do consumidor. O tamanho, a forma, a coloração, o brilho, a presença ou a ausência de defeitos constituem quesitos básicos na avaliação da aparência de um alimento (VILAS BOAS, 2006). Contudo, frequentemente, a coloração é um dos quesitos mais atrativos para o consumidor, sendo predominante na sua preferência (BRUNINI et al., 2004; SILVA, 2007).

Alterações da coloração são uma das mais flagrantes modificações observadas durante o armazenamento de vegetais *in natura*. A coloração é, geralmente, utilizada como indicador de qualidade e maturação dos frutos e, conseqüentemente, do aroma, da textura, do valor nutritivo e, mesmo, da integridade do vegetal (FERNANDES; SOUZA, 2001).

Os pigmentos vegetais, com destaque para as clorofilas, carotenoides e antocianinas, desempenham papel fundamental na coloração dos vegetais. Genericamente, os frutos, quando imaturos, apresentam coloração esverdeada que vai cedendo lugar a outras cores (amarelo, vermelho, azul, violeta) com o amadurecimento (VILAS BOAS, 2006).

A coloração do produto hortícola pode ser analisada, visualmente, com o auxílio de escalas subjetivas padrões ou escalas descritivas, estabelecidas em função do grau de maturação de cada produto. Podem-se ainda analisar o teor de pigmentos por diferentes métodos químicos ou a coloração do produto por métodos objetivos não-destrutivos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Santos et al. (2009), avaliando a coloração de mangabas durante o armazenamento, observaram que os frutos sob atmosfera ambiente apresentaram evolução mais rápida da coloração (amarelo-escuro para vermelho) ao final do período de armazenamento, independente da temperatura avaliada.

2.3.5.2 Textura

A textura pode ser definida como o conjunto de propriedades do alimento, composta por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, a desintegração e o fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força. Nas frutas em geral, a textura é em grande parte ditada pela maciez ou pela firmeza da polpa. Na sua maioria, a perda progressiva da firmeza ou seu amaciamento ocorre como consequência do amadurecimento normal um processo complexo que envolve diferentes mecanismos, tais como perda do turgor celular, redução no tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, ação de enzimas hidrolíticas, dentre outras (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A firmeza está diretamente associada não só com a composição e a estrutura das paredes celulares, como também com a manutenção de sua integridade.

A textura dos vegetais se associa diretamente com seu teor de fibras, amido e água. As fibras são constituídas basicamente por compostos da parede celular. A parede celular é um intrincado amálgama entre carboidratos (celulose, hemicelulose e substâncias pécticas), lignina, proteínas, minerais e substâncias incrustantes, como cutina e suberina. Os polissacarídeos da parede celular, principalmente as substâncias pécticas, têm sido os compostos mais associados às modificações texturais de vegetais (VILAS BOAS, 2006).

As enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras glucanidrolases das paredes celulares, atacam os carboidratos estruturais e são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza dos tecidos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A pectinametilesterase atua removendo grupos metoxílicos (OCH_3) das substâncias pécticas, reduzindo o seu grau de metoxilação, liberando metanol e íons hidrogênio. Já a poligalacturonase atua de forma aleatória sobre as ligações glicosídicas, liberando resíduos de ácido galcturônico (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A conversão de amido em açúcares e vice-versa também influencia as modificações texturais de vegetais. Em alguns frutos, o amaciamento é mediado principalmente pela hidrólise de amido (VILAS BOAS, 2006).

A textura pode ser avaliada sensorialmente ou com auxílio de equipamentos. Nos métodos subjetivos, as avaliações são realizadas pela associação dos sentidos: paladar, olfato e tato. A combinação das sensações ou a interação desses sentidos servem como medida da qualidade na mente do provador. Os métodos objetivos correspondem a uma expressão numérica das características da firmeza com o auxílio de instrumentos, entre os quais os

penetrômetros e os pressurômetros, dentre outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Várias análises também podem correlacionar-se bem com as medições da textura ou avaliação sensorial, tais como teores de pectina total e pectina solúvel, atividade de enzimas de parede celular, comportamento do teor de amido e açúcares.

Poucos são os trabalhos que apresentam resultados sobre a firmeza da mangaba. As citações existentes caracterizam os frutos com uma película fina que recobre a polpa de consistência macia e delicada quando maduro; ao ser pressionada com os dedos apresenta ligeira flacidez, na mudança de tonalidade do verde-água para o verde-claro (AGUIAR FILHO; BOSCO; ARAÚJO, 1998; LEDERMAN et al., 2000). Segundo Arola (1982), a textura do fruto no estágio de maturação verde apresenta-se firme; no estágio verde-maduro, levemente macia e no estágio maduro, macia.

2.3.5.3 Sabor

O sabor, um fator decisivo na escolha e na aceitação de alimentos, é uma resposta integrada, principalmente, à sensação do gosto e do aroma.

O gosto é atribuído aos compostos não voláteis nos alimentos, tais como açúcares, sais, limonina e ácidos, determinando os quatro gostos básicos conhecidos como doce, salgado, amargo e ácido, respectivamente (THOMAZINI; FRANCO, 2000).

O amadurecimento de frutas, em geral, conduz a um aumento na doçura devido ao aumento no teor de açúcares simples e ao decréscimo da acidez e da adstringência, respectivamente, pela redução nos teores de ácidos e fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A doçura e a acidez são predominantes em alguns produtos. O amargor também é importante, do mesmo modo que a adstringência, sendo ambos decorrentes do tipo de compostos fenólicos presentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os açúcares podem ser avaliados qualitativamente e quantitativamente por métodos químicos ou cromatográficos e, dessa forma, as modificações relativas ao aumento da doçura em frutos podem ser estabelecidas. O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que esses teores vão se acumulando na fruta. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, no entanto, os açúcares constituem cerca de 80% a 90% dos sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Soares Júnior et al. (2008), estudando os efeitos da modificação da atmosfera na embalagem sobre a qualidade da mangaba, verificaram um aumento, no decorrer do armazenamento, da porcentagem de sólidos solúveis, mais intensamente em mangabas armazenadas com filme de policloreto de vinila do que naquelas armazenadas com embalagens de polietileno.

A acidez é conferida pela presença de ácidos orgânicos nos tecidos vegetais. Os ácidos cítrico, málico e tartárico predominam no reino vegetal. O ácido cítrico é proeminente em frutas cítricas; o málico é encontrado em abundância em banana e maçã, enquanto o tartárico é característico de uvas (VILAS BOAS, 2006). Vários autores afirmam que na mangaba ocorre predominância do ácido cítrico (CARNELOSSI, et al., 2004; CARNELOSSI, et al., 2009; SANTOS et al., 2009; SOARES JÚNIOR, et al., 2008).

A acidez é usualmente determinada por titulometria ou por potenciometria e o pH (potencial hidrogeniônico) pode ser determinado com auxílio de papel indicador ou de potenciômetro.

O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação do fruto, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares. Em muitos frutos, o equivalente entre os ácidos orgânicos e os açúcares é utilizado como indicativo do sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com relação à acidez, Silva et al. (2003) afirmam que, independentemente da atmosfera, a acidez titulável determinada pela porcentagem de ácido cítrico tende a diminuir durante o armazenamento de mangabas armazenadas sob temperatura ambiente.

Conforme verificaram Carnelossi et al. (2004), os teores de acidez total titulável de mangaba foram de aproximadamente 0,8% de ácido cítrico e pH de 3,5, para mangabas tipo “de vez”.

Os valores de pH estudados em mangabas encontram-se dentro de um limite inferior de 2,6 a um limite superior de 3,60. Mesmo a mangabeira vegetando espontaneamente na maioria das diferentes regiões brasileiras, o seu pH não varia muito (SOUZA, 2004).

2.3.5.4 Aroma (constituintes voláteis)

O aroma consiste no conjunto das sensações do olfato estimuladas pelos componentes voláteis, é bem mais complexo e é devido a centenas ou milhares de substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (THOMAZINI; FRANCO, 2000), tais como ésteres, lactonas, alcoóis, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonetos, alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos, originadas de diferentes vias metabólicas, como de aminoácidos, ácidos graxos, compostos fenólicos e terpenoides (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Embora presentes em concentrações muito baixas, os compostos orgânicos voláteis formados durante as transformações bioquímicas que ocorrem no alimento são responsáveis pelo aroma típico e têm grande importância na aceitação dos produtos hortícolas, notadamente das frutas. Mas, por serem de origens diversas e por exigirem de técnicas refinadas, o padrão de mudanças nos componentes do aroma, tanto em quantidade como tipo, durante a maturação, armazenamento e processamento, ainda não é bem definido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Na análise dos compostos voláteis, a preparação da amostra é considerada a etapa inicial e crucial para a obtenção de informações representativas do odor característico de uma matriz, pois qualquer modificação causada na composição dos voláteis da amostra nesta etapa inicial não mais poderá ser corrigida, por mais sofisticados que sejam os instrumentos utilizados nas etapas subsequentes. No entanto, representar qualitativamente o aroma original de uma determinada matriz é muito complicado, uma vez que os compostos voláteis apresentam diferentes propriedades químicas e estão presentes em quantidades extremamente diminutas (FRANCO, 2003; KUBOTA, 2007; MAMEDE; PASTOR, 2006).

O desenvolvimento e a aplicação de um método para a determinação e a quantificação da composição química dos compostos voláteis são tarefas desafiadoras, pois a técnica aplicada para isolamento deve ser capaz de isolar os compostos voláteis enquanto limita a formação de artefatos (FRANCO, 2003). Dentre as técnicas tradicionais, a hidrodestilação e a destilação por arraste a vapor são extensivamente aplicadas para análise de compostos voláteis de aromas. Dentre as técnicas recentes para análise de voláteis destaca-se a microextração em fase sólida.

A técnica de microextração em fase sólida (SPME, do inglês *solid phase microextraction*) é uma nova técnica, introduzida em 1990, por Arthur e

Pawliszyn (ARTHUR; PAWLISZYN, 1990), que apresenta como principais vantagens: não usar solvente, simplicidade de manuseio, possuir alto poder de concentração (adequando se com as sensibilidades dos detectores de cromatografia gasosa), ser aplicável a muitos tipos de analitos e facilitar o transporte do material extraído para o cromatógrafo (VALENTE; AUGUSTO, 2000).

A microextração em fase sólida tem sido considerada um método potencialmente útil para a caracterização de compostos voláteis em alimentos e, principalmente, como método de rotina para verificar mudanças no aroma durante o seu processamento (FRANCO, 2003). Os dados obtidos com SPME demonstram que os resultados dependem muito das condições experimentais e da amostra, o que é refletido na sensibilidade e na reprodutibilidade do método analítico (KUBOTA, 2007).

Dentre os diversos tipos de cromatografia encontrados na literatura, a cromatografia gasosa é utilizada para a separação dos compostos voláteis, obtidos numa etapa do isolamento (FRANCO, 2003). Esta técnica é utilizada para a separação dos compostos volatilizáveis. A separação baseia-se na diferente distribuição das substâncias da amostra entre uma fase estacionária (sólida ou líquida) e uma fase móvel (gasosa) (AQUINO NETO; NUNES, 2003).

Neste processo, a amostra é introduzida, através de um sistema de injeção, em uma coluna contendo a fase estacionária. O uso de temperaturas adequadas no local de injeção da amostra e na coluna possibilita a vaporização destas substâncias que, de acordo com suas propriedades e a fase estacionária, são eluídas por tempos determinados e chegam à saída da coluna em tempos diferentes (COLLINS; BRAGA; BONATO, 1997).

Para de fato verificar a identidade dos componentes de uma mistura a cromatografia gasosa geralmente está associada à espectrometria de massas. O

maior avanço na identificação de compostos voláteis foi iniciado com a associação de cromatógrafos gasosos a espectrômetros de massas. A união dessas duas poderosas técnicas de análise química introduziu uma ferramenta eficaz na separação e identificação de compostos provenientes de misturas complexas (THOMAZINI; FRANCO, 2000).

No espectrômetro de massas, as moléculas são bombardeadas com um feixe de elétrons (normalmente 70ev), ionizam se e quebram se em muitos fragmentos. Cada espécie de íons possui determinado valor da razão da massa/carga, ou valor m/z (MORRINSON; BOYD, 1996).

Analisa se o conjunto de íons por se obter um sinal para cada valor de m/z que estiver representado. A intensidade de cada sinal traduz a abundância relativa do íon que o produz. O pico mais intenso chama se pico base e a intensidade de vários picos exprime se numa escala relativa, em que se dá o valor 100 ao pico de base. Chama se espectro de massas ao gráfico ou, mesmo, a tabela em que se mostrem as intensidades relativas dos sinais correspondentes ao vários valores de m/z , o que é uma característica altamente individualizada dos compostos (MORRINSON; BOYD, 1996).

Os estudos sobre a composição química dos voláteis da mangaba são escassos, encontrando-se apenas dois trabalhos, um publicado por Sampaio e Nogueira (2006) e o outro por Kubota (2007). Ambos os trabalhos avaliaram frutos de *H. speciosa* nos três estádios de maturação (verde, “de vez” e maduro). Não foi encontrado nenhum trabalho da constituição volátil da mangaba ao longo do seu armazenamento.

2.3.6 Conservação pós-colheita

As práticas de manuseio pós-colheita são tão importantes quanto as práticas culturais. De nada adianta a utilização da moderna tecnologia agrícola

visando ao aumento da produção de alimentos, se estes não forem convenientemente aproveitados pelo homem. Muitos problemas relacionados com a perda acentuada de qualidade e deterioração dos alimentos são o resultado de danos sucessivos e cumulativos que estes sofrem durante todos os seus períodos de manuseio, armazenamento e transporte (CORTEZ et al., 2002).

O armazenamento adequado é um dos pontos críticos para o sucesso da comercialização de frutos tropicais. Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita é o armazenamento à baixa temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A qualidade comestível, em muitos produtos perecíveis, aumenta após a colheita e depois decai rapidamente, se não for usado o processo de armazenamento a frio. Sem esse cuidado, as deteriorações são mais rápidas devido à produção do calor vital e à liberação de CO₂, decorrentes da respiração. Dessa forma, o uso da refrigeração é utilizado principalmente para diminuir a taxa respiratória. Havendo redução da respiração, há, em consequência, redução nas perdas de aroma, sabor, textura, coloração e demais atributos de qualidade dos produtos. Entretanto, a taxa metabólica deve ser mantida a um nível mínimo, suficiente para manter as células vivas, mas de forma a preservar a qualidade comestível, durante todo o período do armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A refrigeração é a prática mais importante para retardar o processo de deterioração, por meio de sua ação sobre os processos metabólicos vinculados à degradação enzimática e processos oxidativos em geral (ZOFFOLI et al., 1998). Contudo, mesmo sendo a refrigeração a ferramenta principal, para manter a qualidade dos frutos, muitas vezes, é insuficiente ou determina a ocorrência de distúrbios fisiológicos.

O efeito *chilling*, ou injúria por frio, pode ser definido como uma injúria provocada pela exposição a temperaturas baixas (acima do ponto de

congelamento), frequentemente em uma faixa de 0° a 10°C. Nestas temperaturas, os vegetais tornam-se enfraquecidos, incapazes de manter os processos metabólicos normais.

De acordo com Boyette, Sanders e Estes (1998), a injúria por frio é acumulativa e é função da temperatura como do tempo de exposição; quanto menor a temperatura, mais seco for o ar e mais longa a exposição ao frio, mais severos serão os danos nas células.

Aliada à refrigeração, outras técnicas podem ser empregadas complementando ou melhorando os sistemas de conservação existentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dentre as alternativas desenvolvidas para melhorar a conservação, surgem às modificações na composição da atmosfera de armazenamento.

A modificação na atmosfera é uma técnica de conservação utilizada para estender a vida pós-colheita e manter a qualidade de produtos vegetais (KADER, 2002), com o objetivo de criar uma atmosfera de equilíbrio ótima na embalagem, suficiente para ser benéfica ao produto e não causar injúrias (ZAGORY; KADER, 1998).

Na comercialização, a embalagem é um requisito essencial para a manutenção da qualidade desse tipo de mercadoria, uma vez que oferece possibilidade de estender a vida de armazenagem pós-colheita, já que cria uma barreira que retarda a perda do sabor e aroma desejáveis e do vapor de água, enquanto restringe as trocas de CO₂ e de O₂, podendo criar uma atmosfera modificada (BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO; BAKER, 1995).

O armazenamento em atmosfera modificada pode ser definido como o armazenamento em atmosfera com baixo teor de O₂ e alto teor de CO₂, em que as concentrações destes gases se estabelecem em função da atividade metabólica das frutas e hortaliças, permeabilidades a esses gases das embalagens onde elas estão contidas e temperatura de armazenagem (CORTEZ et al., 2002).

O uso de atmosfera modificada tem se mostrado eficiente em reduzir as taxas de respiração e transpiração, ampliando a vida útil de frutos e hortaliças. O emprego de atmosfera modificada, pelo uso de filmes flexíveis, como o policloreto de vinila ou o polietileno de baixa densidade, estabelece uma composição gasosa, no interior da embalagem, diferente da do ar e, pela respiração do vegetal, ocorre redução da concentração de O₂ e elevação do CO₂, fato que pode reduzir a atividade metabólica do produto (KADER 1986).

Carnelossi et al. (2004), avaliando o armazenamento da mangaba “de caída” sob as temperaturas de 6°, 18° e 25°C, conseguiram manter as características físico-químicas (condutividade térmica, resistividade, atividade de água) das mangabas por um período de até três dias, quando submetidas às temperaturas de 18°C e 25°C e um período de até sete dias, quando submetidas a uma temperatura de 6°C.

Santos et al. (2009) avaliaram a influência de atmosfera modificada pela utilização de filme de policloreto de vinila na conservação pós-colheita de mangabas colhidas nos estádios de maturação verde, início da pigmentação amarela e fruto amarelo com leves manchas vermelhas e armazenadas sob refrigeração (10±0,5°C e 90±2% UR) e sob condição ambiente (23±2°C e 75±2% UR). Estes autores verificaram que o uso de atmosfera modificada associada à refrigeração permitiu a manutenção da vida útil pós-colheita dos frutos durante 15 dias, mantendo a aparência geral acima do limite de aceitação pelo consumidor, para os três estádios de maturação avaliados. Os frutos no estágio verde sob refrigeração apresentaram índices de dano pelo frio, verificando-se que frutos neste estágio são mais susceptíveis a essa desordem fisiológica.

Já Soares Júnior et al. (2008), avaliando os efeitos da modificação da atmosfera sobre a qualidade da mangaba, armazenada sob refrigeração (11±1°C), constataram que os frutos sob atmosfera modificada por filme de

policloreto de vinila, com ou sem permanganato de potássio, e por filme de polietileno de baixa densidade, com permanganato de potássio, mantiveram um aspecto geral aceitável em relação aos parâmetros pH, perda de massa fresca, teor de sólidos solúveis e acidez titulável, até o oitavo dia de armazenamento.

Carnelossi et al. (2009) analisaram as mudanças físico-químicas (vitamina C, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e firmeza) em mangabas totalmente desenvolvidas, armazenadas inicialmente em 6, 8, 10 e $12\pm 1^{\circ}\text{C}$, em câmaras frias, por 4 dias. Após este período, os frutos foram transferidos para câmaras climatizadas ($24\pm 2^{\circ}\text{C}$) e mantidos por 5 dias. Os autores verificaram que os frutos armazenados inicialmente em 6 ou $8\pm 1^{\circ}\text{C}$ apresentaram extensão na vida útil, de acordo com os parâmetros físico-químicos avaliados, por cerca de quatro dias em relação aos frutos mantidos a 10 ou $12\pm 1^{\circ}\text{C}$, durante o mesmo período. Além disso, foi observado que, independente da temperatura, as mangabas amadurecem normalmente após a remoção do armazenamento à baixa temperatura.

Sendo assim, diante do que foi exposto verifica-se que a problemática da conservação e do prolongamento da vida útil da mangaba ainda não foi totalmente elucidada, merecendo mais estudos sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C. **Características físicas, químicas e atividade antioxidante “in vitro” de tomate submetido à desidratação**. 2010. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- AGUIAR FILHO, S. P. de; BOSCO, J.; ARAÚJO, I. A. **A mangabeira (*Hancornia speciosa*): domesticação e técnicas de cultivo**. João Pessoa: EMEPA-PB, 1998. 26 p. (EMEPA-PB. Documentos, 24).
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 350, n. 1, p. 103-108, Feb. 1996.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, jan/abr. 2007.
- AQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia: princípios básicos e técnicas afins**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 187 p.
- AROLA, F. M. D. **Isolamento e caracterização da goma da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 1982. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1982.
- ARTHUR, C. L.; PAWLISZYN, J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 62, n. 12, p. 2145-2148, Dec. 1990.
- BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 35-38, Feb. 1995.
- BARROS, D. I. et al. Métodos de extração de sementes de mangaba visando à qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 25-27, abr. 2006.
- BIACHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, maio/ago. 1999.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOYETTE, M. D.; SANDERS, D. C.; ESTES, E. A. **Fiel: and greenhouse, grown tomatoes**. Raleigh: North Carolina State University, 1998. 9 p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 28, n. 1, p. 25-30, Jan. 1995.

BRUNINI, M. A. et al. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, dez. 2004.

CARNELOSSI, M. A. G. et al. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, set./out. 2004.

_____. Physico-chemical quality changes in mangaba (*hancornia speciosa gomes*) fruit stored at different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 4, p. 985-990, July/Aug. 2009.

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

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed. Campinas: UNICAMP, 1997. 13 p.

CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2002. 428 p.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. 992 p.

DAS, S. et al. Role of ascorbic acid in in vitro oxidation of low-density lipoprotein derived from hypercholesterolemic patients. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 372, n. 1/2, p. 202-205, May 2006.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radical DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.

EPSTEIN, L. Mangaba: coisa boa de comer. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 19-22, jun. 2004.

FANTINI, A. P. et al. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de cisteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 435-439, abr./jun. 2008.

FERNANDES, P. H. S.; SOUZA, S. D. O. **Tecnologia de produtos de origem vegetal**: processamento de frutas e hortaliças. Uberlândia: SENAI, 2001. 99 p.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos**: temas atuais. São Paulo: Varela, 2003. 246 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**: produção da extração vegetal e da silvicultura. Rio de Janeiro, 2009. 45 p.

KADER, A. A. Biochemical and physiology basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, Sept. 1986.

_____. Modified atmospheres during transport and storage. In: _____. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: CRC, 2002. p. 135-144.

KUBOTA, T. **Contribuição à química dos compostos voláteis dos frutos do nordeste: *Hancornia speciosa* Gomes**. 2007. 143 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Sergipe, Aracaju, 2007.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidant em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

LEDERMAN, I. E. et al. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Ed. São Paulo, 2000. 35 p. (Série Frutas Nativas, 2).

MAIA, G. A. et al. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 130-134, jan./mar. 2007.

MAMEDE, M. E. O.; PASTOR, G. M. Study of methods for extraction of volatile compounds from fermented grape must. **Food Chemistry**, London, v. 96, n. 4, p. 586-590, June 2006.

MARTINS, B. A. **Avaliação físico-química de frutos do cerrado *in natura* e processados para a elaboração de multimisturas**. 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006.

MORRINSON, R. T.; BOYD, R. N. **Química orgânica**. 13. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 677 p.

NIKI, E. Antioxidant activity: are we measuring it correctly? **Nutrition**, London, v. 16, n. 6, p. 524-525, Dec. 2002.

OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, maio/jun. 2009.

PEREIRA, A. V. et al. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. p. 188-213.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v. 67, n. 5, p. 289-297, Nov. 1997.

QUEIROZ, Y. S. **Alho (*Allium sativum*) e produtos: atividade antioxidante *in vitro* durante a vida de prateleira**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. p. 89-152.

RODRIGUES, J. L. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (*Selinecereus setaceus* Rizz) do cerrado brasileiro**. 2010. 164 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

_____. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ROQUE, P. **A colonização do cerrado: savanas e celeiro do mundo**. São Paulo: Prêmio, 2006. 203 p.

RUFINO, M. S. do M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 996-1002, Aug. 2010.

RUFINO, M. S. do M. et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 693-695, May 2009.

SAMPAIO, T. S.; NOGUEIRA, P. C. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 4, p. 606-610, Apr. 2006.

SANTOS, A. F. dos et al. Conservação pós-colheita de mangaba em função da maturação, atmosfera e temperatura de armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 85-91, jan./mar. 2009.

SANTOS, A. R. F. et al. Situação atual e perspectivas para o cultivo da mangaba no Estado de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 7., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2007. p. 1-6.

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

SILVA, D. S. **Estabilidade do suco tropical de goiaba (*Pisidium guajava* L) obtido pelos processos de enchimento à quente e asséptico**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, S. de M. et al. Conservação pós-colheita da mangaba sob atmosfera modificada por filme de PVC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 1., 2003, Aracaju. **Anais...** Aracaju: UFSE, 2003. 1 CD-ROM.

SILVA JÚNIOR, J. F. A cultura da mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 188-192, abr. 2004.

SOARES, F. P. et al. **Cultura da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Lavras: UFLA, 2006. 12 p.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Conservação pós-colheita de mangaba sob refrigeração e modificação da atmosfera de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 78-86, jun. 2008.

SOUSA, C. S. et al. Mangaba: perspectivas e potencialidades. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 29-31, set. 2005.

SOUZA, F. G. de. **Qualidade pós-colheita de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) oriundas do jardim clonal da Emepa, PB**. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade da Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

VALENTE, A. L. P.; AUGUSTO, F. Microextração por fase sólida. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 523-530, jul./ago. 2000.

VIEIRA NETO, R. D. et al. **Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2002. 22 p. (Sistemas de Produção, 2).

VILAS BOAS, E. V. de B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 2006. 68 p.

YU, T. W.; ANDERSON, D. Reactive oxygen species induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 379, n. 2, p. 201-210, Apr. 1997.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, Sept. 1998.

ZOFFOLI, J. P. et al. Atmosfera modificada en frutos de duraznos “Elegant Lady” y “O Henry”. **Frutícola**, Madrid, v. 18, n. 2, p. 59-65, 1998.

CAPÍTULO 2

Qualidade pós-colheita da mangaba armazenada sob diferentes temperaturas

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar o comportamento pós-colheita da mangaba submetida a diferentes temperaturas de armazenamento. Para tanto, foram realizados dois experimentos. No primeiro, o trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em que mangabas foram armazenadas sob quatro temperaturas: 0°, 6°, 12°C e 24°C, durante 20 dias, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias, fatorial simples 4x5. Já no segundo experimento os frutos foram armazenados sob as temperaturas de 0°, 6° e 12°C, por 20 dias sendo que a cada 5 dias foram expostos por 2 dias à temperatura ambiente e posteriormente analisado, fatorial 3x4. Em ambos os experimentos realizou-se as seguintes análises: coloração, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, acidez titulável, pH, firmeza, pectina total, pectina solúvel e atividade de pectinametilesterase e poligalacturonase. Os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se software R, em que usou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativo, a comparação de médias para as temperaturas foi realizada por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e para dias foi realizada, análise de regressão. A refrigeração prolongou a vida útil dos frutos. Frutos mantidos sob refrigeração apresentaram amadurecimento normal ao longo do armazenamento baseando-se nas análises físicas, físico-químicas e químicas. Porém, quanto mais baixa foi a temperatura utilizada, maior foi o escurecimento provocado no fruto, revelando sensibilidade da mangaba ao frio. Sendo assim, as temperaturas de 0 e 6°C não foram consideradas adequadas para o armazenamento da mangaba. Portanto, a temperatura de 12°C é a mais adequada para conservação da mangaba, visto que retardou o amadurecimento sem no entanto, provocar o escurecimento na superfície dos frutos, ou seja, injúria pelo frio.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa*. Refrigeração. Conservação. *Chilling*.

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate the postharvest behavior of the mangaba fruit submitted to different storage temperatures. For that, two experiments were conducted. In the first, the work was carried out in a completely randomized design, in which mangaba fruit were stored under four temperatures: 0°, 6°, 12° and 24°C, for 20 days, with evaluations every 5 days, in a 4x5 factorial. In the second experiment the fruits were stored under 0°, 6° and 12°, for 20 days and every 5 days they were exposed to room temperature for 2 days and later analyzed, in a 3x4 factorial. In both experiments the following analyses took place: coloration, soluble solids, total soluble sugars, titratable acidity, pH, firmness, total pectin, soluble pectin and pectinmethylesterase and polygalacturonase activity. The results were submitted to statistical analyses using the R software, in which variance analysis was used through the F test, to verify the difference among the treatments. When significant, the comparison of means for the temperatures was conducted through the Scott-Knott test to 5% of probability, and for days regression analysis was conducted. The refrigeration prolonged the shelflife of the fruits. Fruits maintained under refrigeration presented normal ripening during storage based on the physical, physiochemical and chemical analyses. However, the lower the temperature used, the higher the darkening observed in the fruit, revealing sensitivity of the mangaba fruit to the chilling. Therefore, the temperatures of 0 and 6°C were not considered appropriate for the mangaba fruit storage. The temperature of 12°C is the most appropriate for preservation of the mangaba fruit, because it delayed the ripening, however without promoting darkening on the fruit surface, in other words, chilling injury.

Keywords: *Hancornia speciosa*. Refrigeration. Preservation. *Chilling*.

1 INTRODUÇÃO

A mangabeira é uma planta arbórea de porte médio, nativa do Brasil, sendo encontrada vegetando espontaneamente em várias regiões do país. Seu fruto, a mangaba, apresenta grande potencial de exploração devido a características peculiares, tais como ótimo aroma e sabor, sendo consumida *in natura* ou processada, na produção de doces, geleia, vinho, vinagre, suco e sorvete (VIEIRA NETO et al., 2002). Acrescente-se, ainda, o fato de que este fruto apresenta boa digestibilidade, alto valor nutritivo e teores de proteína e vitamina C maiores do que a maioria das frutas (CARNELOSSI, et al., 2009).

A mangaba madura se apresenta como um fruto extremamente perecível (LEDERMAN et al., 2000), devido à casca fina e ao elevado conteúdo de polpa. Dessa forma, é suscetível a danos mecânicos durante a colheita, o transporte e o manuseio, o que favorece sua perecibilidade e dificulta a comercialização (BORGES; FILGUEIRAS; MOURA, 2000; CARNELOSSI et al., 2004; SOARES JÚNIOR et al., 2008).

Uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita é o armazenamento à baixa temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os efeitos desejáveis da refrigeração são a redução da taxa respiratória, o retardamento da maturação e a diminuição da taxa de incidência de doenças pós-colheita (CORTEZ et al., 2002). O armazenamento adequado é um dos pontos críticos para a comercialização de frutos tropicais (CARNELOSSI et al., 2004).

Contudo, mesmo sendo a refrigeração a ferramenta principal, para manter a qualidade dos frutos, muitas vezes, é insuficiente ou pode determinar a ocorrência de distúrbios fisiológicos. Estes distúrbios podem se apresentar durante o período de estocagem do fruto à temperatura de refrigeração ou,

mesmo, quando estes frutos forem devolvidos à temperatura ambiente comumente utilizada no varejo.

Para produtos sensíveis, a vida de armazenamento aumenta com o decréscimo da temperatura, porém, até um determinado limite, o que é designado como temperatura crítica de *chilling* e ocorre entre 10°C e 13°C. A maioria dos produtos de origem tropical e subtropical se encontra nessa categoria (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os principais sintomas de injúria por frio em alguns vegetais são: escurecimento da polpa e da casca, surgimento de áreas aquosas, escaldadura superficial, enrugamento, pontuações escuras, textura farinácea, amadurecimento desuniforme, apodrecimento superficial, alteração de sabor aroma, aceleração da taxa de senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Boyette, Sanders e Estes (1998), a injúria por frio é acumulativa e é função da temperatura como do tempo de exposição; quanto menor a temperatura e mais longa a exposição ao frio, mais severos serão os danos nas células.

Dessa forma, estudos devem ser realizados para verificar o impacto da refrigeração sobre a qualidade de produtos hortícolas, verificando se durante ou após a refrigeração os frutos completarão seu desenvolvimento normal, sem alterar suas características sensoriais.

Assim, a necessidade de estudos sobre a qualidade pós-colheita da mangaba se faz óbvia, objetivando complementar as pesquisas realizadas sobre o assunto, de modo que se criem alternativas de conservação do fruto, para que este possa atingir outros mercados de forma competitiva.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento pós-colheita da mangaba submetida a diferentes temperaturas de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos e organização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Para tanto, foram utilizados frutos provenientes do município de Curvelo, MG, que apresenta vegetação típica do cerrado.

As mangabas foram colhidas em novembro, mês em que se concentra o ápice da produção da mangaba neste município. Foram selecionados os frutos verdes maduros, ou seja, frutos totalmente desenvolvidos, colhidos diretamente da planta-mãe (apresentando coloração esverdeada para amarelada, sólidos solúveis de 10,5°BRIX e firmeza de 80,5N).

Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas até o laboratório, sendo todo transporte realizado à temperatura ambiente. No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à aparência externa, ou seja, tamanho, casca íntegra, sem injúrias mecânicas, manchas e rachaduras.

Após a seleção, os frutos foram lavados com água corrente, a fim de retirar os resíduos provenientes do campo e, posteriormente, sanificados em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L⁻¹, por 10 minutos. Em seguida, os frutos foram colocados sobre a bancada revestida com papel filtro para a drenagem do excesso da solução sanificante.

Posteriormente, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno (PET) sem tampa e partiu-se para a montagem dos dois experimentos.

No primeiro, os frutos foram armazenados em quatro temperaturas: 0°, 6°, 12°C e temperatura ambiente ($\pm 24^\circ\text{C}$). Os frutos foram armazenados durante 20 dias, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias.

Para a identificação de possíveis alterações ocorridas na mangaba após a sua refrigeração, foi montado um segundo experimento, tendo os frutos sido armazenados às temperaturas de 0°, 6°, 12°C, da mesma forma como mencionado anteriormente. Porém, a cada tempo de armazenamento, as embalagens foram retiradas da refrigeração e permaneceram por dois dias à temperatura ambiente, simulando uma condição usual de comercialização do fruto no varejo. Os frutos foram armazenados durante 22 dias, sendo realizadas avaliações aos 7 dias (5 dias sob refrigeração e mais 2 à temperatura ambiente), 12 (10 dias sob refrigeração e mais 2 à temperatura ambiente), 17 (15 dias sob refrigeração e mais 2 à temperatura ambiente) e 22 (20 dias sob refrigeração e mais 2 à temperatura ambiente).

Nos dois experimentos, todas as análises citadas a seguir foram realizadas.

2.2 Análises

2.2.1 Coloração

A coloração foi determinada em três pontos distintos da casca, utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400, com a determinação no modo CIE $L^* a^* b^*$. A coordenada L^* representa o quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). Já a coordenada a^* pode assumir valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente. Por fim, a coordenada

b*, com a intensidade de azul ao amarelo, pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo).

2.2.2 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria, conforme as normas da Association of Official Agricultural Chemists – AOAC (1998), utilizando-se de refratômetro digital, homogenizando-se as amostras e transferindo uma ou duas gotas do material para o prisma do refratômetro. Os resultados foram expressos em °BRIX.

2.2.3 Açúcares solúveis totais

Os açúcares solúveis totais foram determinados por espectrofotometria a 620 nm, pelo método de antrona (YEMM; WILLIS, 1954).

2.2.4 Acidez titulável e pH

A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico. Já o potencial hidrogeniônico foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica aconselhada pela AOAC (1998).

2.2.5 Firmeza

A firmeza de frutos inteiros foi aferida determinando-se dois pontos na região equatorial do fruto, com o auxílio de um penetrômetro Magness – Taylor, com sonda de 5/6 polegadas de diâmetro e os resultados foram expressos em Newtons (N).

2.2.6 Pectina total e pectina solúvel

Extraíram-se as pectinas total e solúvel de acordo com a técnica de MCCready e MCComb (1952), tendo sido determinadas espectrofotometricamente a 520 nm, segundo técnica de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

2.2.7 Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)

A extração enzimática foi feita segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978), com modificações (VILAS BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996).

A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin, Sun e Bulger (1966) com modificações (VILAS BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μ mol de NaOH por grama de polpa fresca.min. A atividade de poligalacturonase foi expressa em μ mol de ácido galacturônico por grama de polpa por minuto.

2.2.8 Análises estatísticas

A análise estatística dos dois experimentos foi feita de maneira isolada, não havendo comparação estatística entre eles.

A análise estatística das variáveis avaliadas em cada experimento foi realizada utilizando-se do software R, em que se realizou a análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. As médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Quando encontrada diferença significativa na interação entre os fatores, foi feita a análise de regressão.

2.3 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). O primeiro experimento para a verificação do efeito da temperatura de refrigeração foi constituído por um fatorial 4x5 (4 temperaturas: 0°, 6°, 12°C e 24°C e cinco tempos de armazenamento: 0, 5, 10, 15 e 20 dias). Foram realizadas três repetições e cada unidade experimental foi constituída por quatro frutos.

O segundo experimento, para a verificação de possíveis alterações ocorridas durante o processo de refrigeração, foi constituído por um fatorial 3x4 (3 temperaturas de 0°, 6°, 12°C e 4 tempos de armazenamento: 7, 12, 17 e 22 dias), realizando-se três repetições e cada unidade experimental foi constituída por quatro frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mangabas mantidas nas condições do ambiente (24°C) deterioraram-se após cinco dias de armazenamento, tornando-se impróprias para o consumo. Desta forma, as análises nessa temperatura não tiveram continuidade após esse período. Assim, as análises relativas aos frutos armazenados por 10, 15 e 20 dias tratam das temperaturas de 0°, 6° e 12°C.

A variável L^* , que indica o quão clara ou escura se encontra a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca), foi influenciada interativamente pelo tempo e a temperatura. Observou-se uma tendência de redução do valor L^* ao longo do armazenamento, para as mangabas sob as temperaturas de 0° e 6°C, o que sugere o escurecimento dos frutos (Gráfico 1). Segundo a análise de regressão, não foi significativa a alteração no valor L^* nos frutos armazenados a 12° e a 24°C, apresentando-se somente os dados observados para estas temperaturas (Gráfico 1).

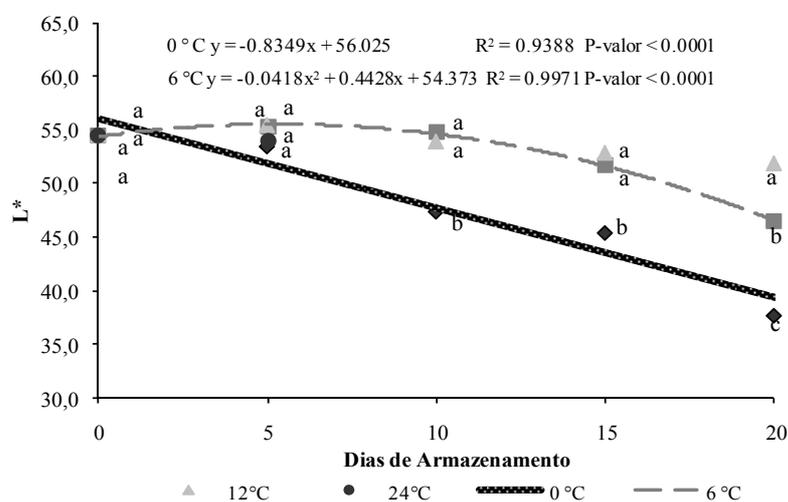


Gráfico 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L^* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Nenhuma diferença estatística foi observada entre os frutos, aos 5 dias de armazenamento, a despeito da temperatura. Porém, a partir do décimo dia de armazenamento, mangabas armazenadas sob a temperatura de 0°C começaram a se apresentar mais escuras, verificado pelos menores valores de L^* , que as armazenadas sob as demais temperaturas. Este comportamento permaneceu até o final do armazenamento e, no último dia, mangabas armazenadas a 6°C também se apresentaram mais escuras que as armazenadas a 12°C (Figura 1).



Figura 1 Mangabas armazenadas por 20 dias em diferentes temperaturas. A: mangabas armazenadas em 0°C, B: mangabas armazenadas em 6°C, C: mangabas armazenadas em 12°C

Assim, verifica-se, por este comportamento, que quanto mais baixa a temperatura de armazenamento e maior o tempo de exposição, mais escuras as mangabas se apresentaram, o que sugere sua sensibilidade ao *chilling*, sob as temperaturas de 0° e 6°C.

Santos et al. (2009), estudando o armazenamento refrigerado (10°C) de mangaba em diferentes estádios de maturação, verificaram que frutos colhidos no estágio verde e mantidos sob refrigeração desenvolveram sintomas de danos pelo frio, apresentando inibição no desenvolvimento da pigmentação e amadurecimento comprometido.

A variável L* de frutos armazenados sob refrigeração e posteriormente à temperatura ambiente foi influenciada significativamente pelos fatores temperatura e tempo de armazenamento, mas não pela interação entre eles. Independente da temperatura, verifica-se um comportamento semelhante das mangabas armazenadas, ou seja, uma redução gradual e constante nos valores de

L* (Gráfico 2) e, quanto menor a temperatura de armazenamento, menores valores de L* foram obtidos, ou seja, mais escuros apresentavam-se os frutos (Tabela 1).

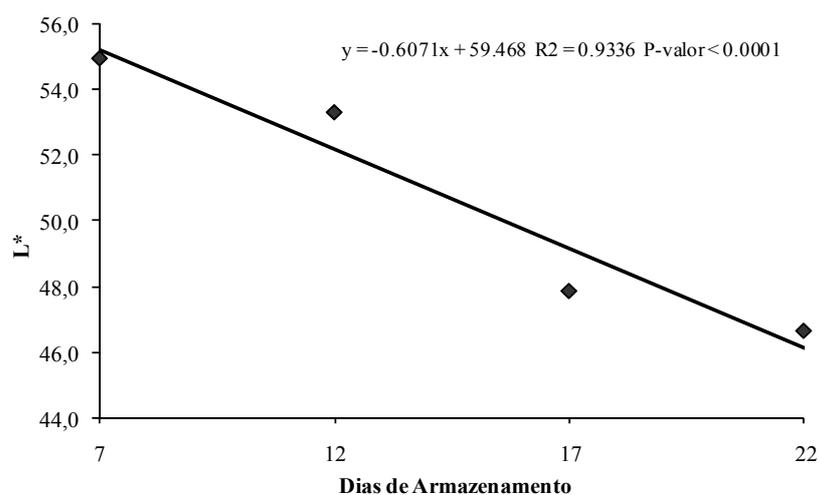


Gráfico 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente

Tabela 1 Temperatura e teor médio da variável L* dos frutos armazenados, em cada uma delas

Temperatura °C	Médias (L*)	
0	48,04	c
6	50,88	b
12	53,08	a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Os dados do Gráfico 2 e da Tabela 1 só confirmam o que já foi dito anteriormente, ou seja, que temperaturas mais baixas de refrigeração (0° e 6°C) provocaram o escurecimento da mangaba.

Os sintomas de injúria por frio geralmente aparecem enquanto o fruto está armazenado em temperaturas inadequadas. Todavia, não é raro que surjam apenas após a transferência do produto para temperaturas mais elevadas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No caso em questão, foi observado escurecimento dos frutos já durante a refrigeração (0° e 6°C) e, após a transferência do produto para as condições ambientais, os valores de L* já estavam baixos, prejudicando a qualidade visual do produto.

Avaliando-se a variável a* (ao assumir valores negativos indica a coloração esverdeada e quando positivo, a coloração vermelho púrpura) de frutos sob refrigeração (Gráfico 3) e daqueles que permaneceram sob refrigeração e posteriormente a dois dias temperatura ambiente (Gráfico 4), verifica-se que, em ambos experimentos, a variável foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento.

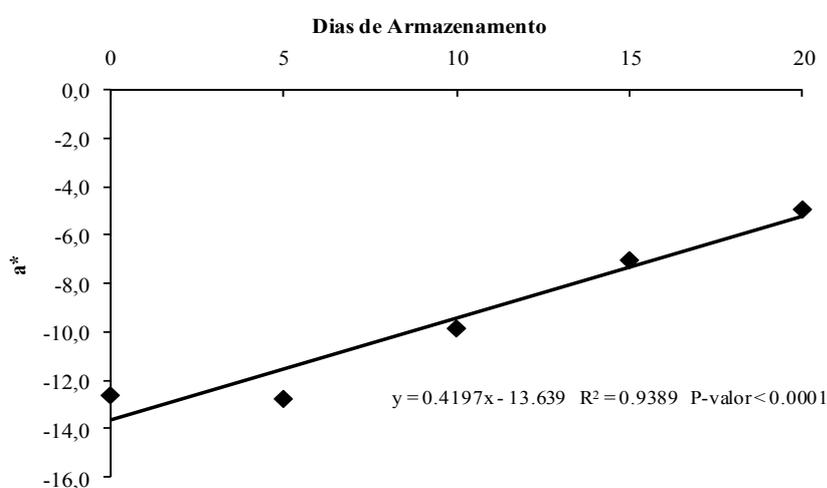


Gráfico 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias

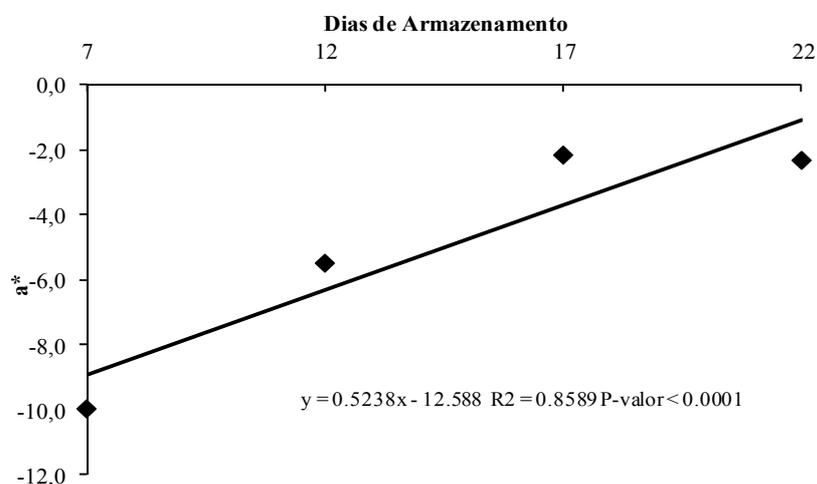


Gráfico 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável a* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente

Observou-se elevação do valor a* dos frutos armazenados, o que sugere perda gradativa da coloração verde, intensificada pela exposição dos frutos por 2 dias à temperatura ambiente, após refrigeração (Gráficos 3 e 4). A diminuição da coloração verde da mangaba é considerada normal, visto que, como os frutos foram coletados “de vez”, no início, eles apresentavam coloração verde predominante; mas, com o decorrer do amadurecimento da mangaba, é comum ocorrer surgimento de pontos avermelhados, elevando-se assim os valores de a*.

A variável b* (quando negativo indica cor azul e positivo cor amarela) de frutos submetidos apenas à refrigeração foi influenciada interativamente pelo tempo e pela temperatura utilizada (Gráfico 5). Verifica-se uma elevação do valor de b* nos 5 primeiros dias de refrigeração, seguida por declínio dos valores até o décimo quinto dia e, posteriormente, uma nova tendência à elevação.

Avaliando-se o teste de médias, observa-se que no quinto dia de armazenamento ocorreu diferença estatística nos valores das médias. Os frutos

armazenados a 6°C apresentaram maiores valores médios de b^* que aqueles armazenados a 0°C que, por sua vez, apresentaram maiores valores que os armazenados a 12°C, tendo os frutos armazenados a 24°C apresentado os menores valores. Do quinto ao décimo quinto dia de armazenamento ocorreu uma diminuição de b^* em todas as temperaturas avaliadas, não apresentando diferença estatística no décimo e no décimo quinto dia entre as temperaturas. Por fim, no último dia de armazenamento, os frutos armazenados a 6°C apresentaram os maiores valores de b^* .

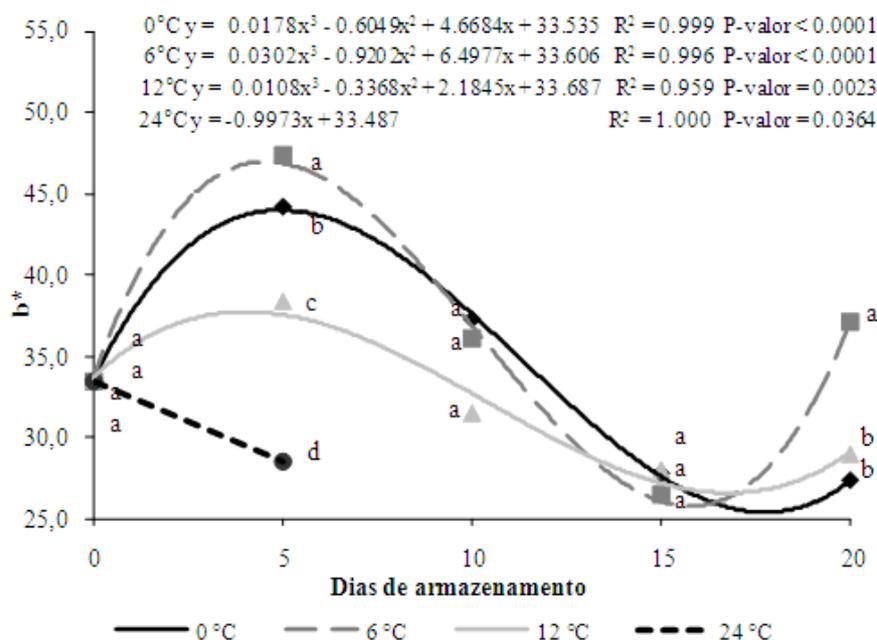


Gráfico 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b^* em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Frutos mantidos em condição ambiente tenderam a uma redução mais acentuada dos valores de b^* . Sendo assim, nota-se que frutos mantidos sob refrigeração retardaram a perda da coloração amarela, quando comparados aos frutos mantidos sob temperatura ambiente.

Para mangabas submetidas à refrigeração e, posteriormente, à temperatura ambiente, a variável b^* foi influenciada somente pelos dias de armazenamento (Gráfico 6). Os valores de b^* tenderam à ligeira queda durante o período experimental.

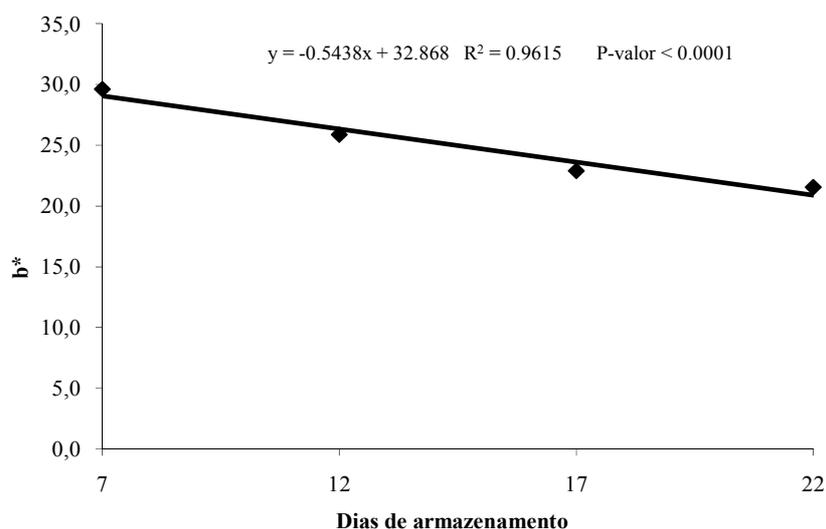


Gráfico 6 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b^* em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C e 12°C e, posteriormente, em temperatura ambiente

Em mangabas armazenadas sob diferentes temperaturas, os sólidos solúveis foram influenciados estatisticamente somente pelos dias de armazenamento (Gráfico 7 A). Já os açúcares solúveis totais foram influenciados interativamente pela temperatura e o tempo de armazenamento (Gráfico 7 B).

Pode-se notar que os sólidos solúveis aumentaram até o quinto dia de armazenamento, seguido de estabilização. Já os açúcares solúveis totais, em geral, se elevaram no início do armazenamento mais acentuadamente nos frutos armazenados a 24°C, 6°C e 0°C, seguido por um decréscimo e nova ascensão ao final do armazenamento, exceto nos frutos armazenados a 0°C. Ao final do armazenamento, mangabas submetidas à temperatura de 0°C apresentaram menores valores que as submetidas a 6°C e 12°C, não tendo estas duas últimas diferido estatisticamente entre si.

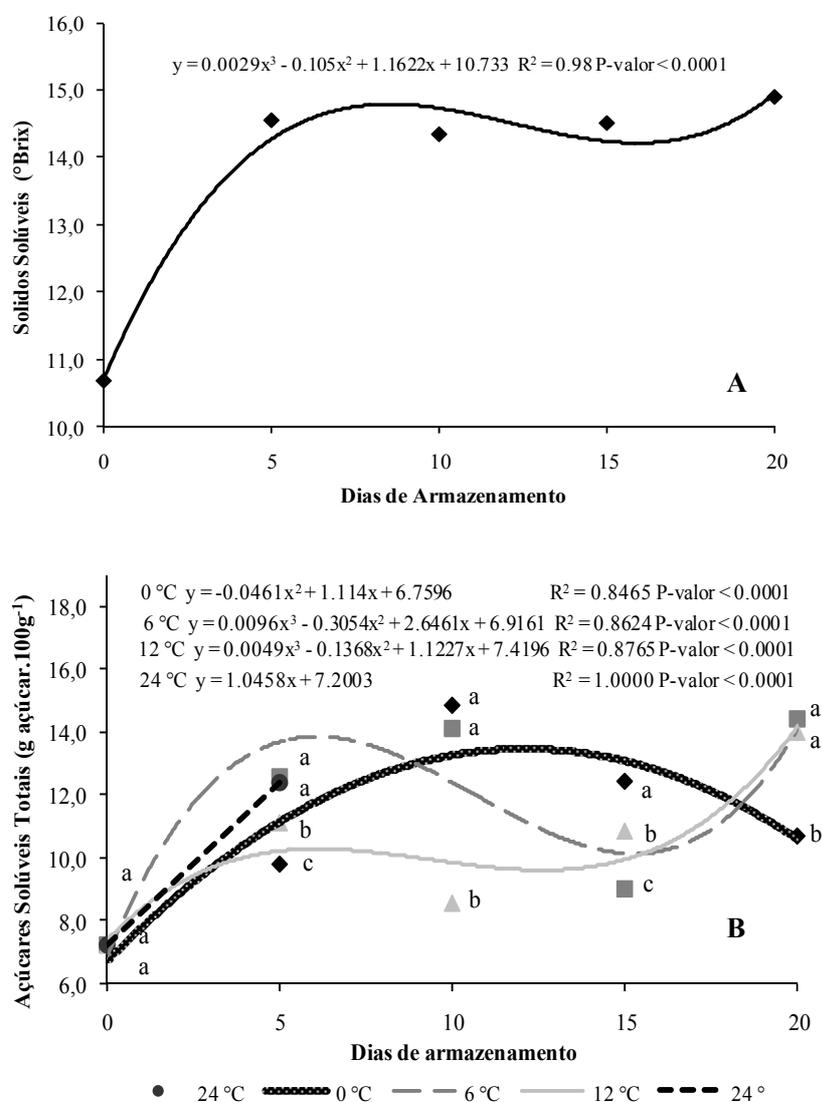


Gráfico 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável sólidos solúveis (A) e dos açúcares solúveis totais (B) em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

A temperatura utilizada durante o armazenamento é de grande importância, pois exerce influência na taxa de respiração e transpiração dos frutos, retardando seu amadurecimento e senescência (HOJO, et al. 2007).

Santos et al. (2009), avaliando mangabas mantidas sob refrigeração, verificaram que elas apresentaram um aumento nos teores de sólidos solúveis durante o armazenamento, resultados semelhantes ao deste trabalho. Durante a maturação de frutos climatéricos, o teor de sólidos solúveis tende a aumentar devido à biossíntese de açúcares solúveis ou à degradação de polissacarídeos. À medida que a maturação avança, os ácidos também podem ser convertidos em açúcares, elevando, assim, o teor de sólidos solúveis (KAYS, 1997). Com a evolução da maturação, há aumento da concentração de açúcares simples até o completo amadurecimento, com declínio posterior em função de sua utilização como fonte de energia (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em mangabas submetidas à refrigeração e, posteriormente, à temperatura ambiente, a variável sólidos solúveis não foi influenciada estatisticamente por nenhum dos fatores, portanto, somente os dados médios de sólidos solúveis em cada temperatura foram apresentados (Tabela 2).

Tabela 2 Temperatura e teor médio da variável sólidos solúveis dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperatura °C	Médias (°BRIX)
0	14,42
6	13,63
12	14,00

Já os açúcares solúveis totais foram influenciados estatisticamente pela interação entre tempo e temperatura de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 Temperatura e teor médio da variável açúcares solúveis totais dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperaturas	Dias de armazenamento							
	Dia 7		Dia 12		Dia 17		Dia 22	
0	11,42	c	12,11	a	13,71	b	11,41	c
6	11,70	b	11,10	a	14,68	a	15,71	a
12	14,36	a	11,82	a	10,96	c	11,67	b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Ao final do armazenamento, verificou-se que mangabas submetidas a 0°C apresentaram menor quantidade de açúcares solúveis totais, fato este concordante com o apresentado anteriormente para mangabas submetidas a diferentes temperaturas.

Com relação à acidez titulável de mangabas submetidas à refrigeração, verifica-se que esta foi influenciada pelos dias de armazenamento e pela temperatura utilizada, porém, não houve interação entre estes dois fatores. Já a variável pH foi influenciada interativamente pelos dias de armazenamento e temperatura utilizada.

A acidez titulável, independente da temperatura utilizada, diminuiu até o quinto dia de armazenamento, depois aumentou até a o décimo quinto dia, decrescendo novamente a partir daí (Gráfico 8).

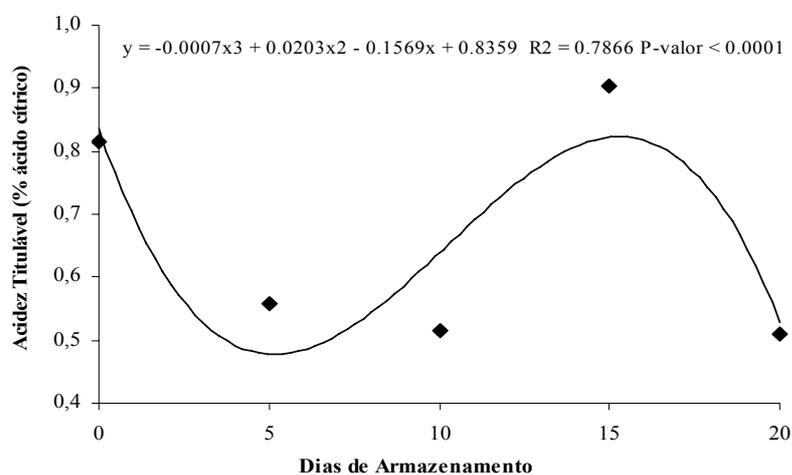


Gráfico 8 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável acidez titulável total em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, por 20 dias

Em relação ao efeito da temperatura de armazenamento, os frutos armazenados a 0 e a 6°C apresentaram menor acidez que aqueles a 12°C e a 24°C (Tabela 4).

Tabela 4 Temperatura e teor médio da variável acidez titulável total dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperatura	Médias (% de ácido cítrico)	
0	0,64	b
6	0,63	b
12	0,70	a
24	0,7034	a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

No decorrer do armazenamento, independente da temperatura, o pH tendeu a ligeiro declínio ou a estabilização (Gráfico 4).

Tabela 5 Temperatura e teor médio da variável pH dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperaturas	Dias de armazenamento				
	Dia 0	Dia 5	Dia 10	Dia 15	Dia 20
0	3,74 a	3,47 a	3,52 a	3,35 b	3,63 a
6	3,74 a	3,39 a	3,45 a	3,77 a	3,71 a
12	3,74 a	3,49 a	3,59 a	3,53 b	3,52 a
24	3,74 a	3,48 a			

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Mangabas no dia inicial apresentaram valores intermediários de acidez se comparadas a outros frutos, tais como goiaba que apresenta 0,41% de ácido cítrico (YASHIMITA; BENASSI, 2000) e cajá, com 1,56% de ácido cítrico (MOREIRA et al., 2002).

Carnelossi et al. (2004), avaliando acidez de mangabas “de vez”, verificaram que estas apresentaram, logo após a colheita, cerca de 0,8% de ácido cítrico, resultado este semelhante ao encontrado neste trabalho. Os mesmos autores obtiveram valores de pH dos frutos “de vez”, em média, de 3,5, um pouco abaixo dos encontrados neste trabalho, que foi, no dia 0, pH de 3,74.

Normalmente ocorre diminuição da acidez durante o armazenamento, pela conversão de ácidos em açúcares na gliconeogênese. Porém, alguns autores verificaram que a acidez da mangaba tende a aumentar durante o armazenamento (CARNELOSSI et al., 2004; NARAIN et al., 2005; CARNELOSSI et al., 2009), indicando que esse comportamento pode ser uma característica inerente à mangaba.

Em mangabas submetidas à refrigeração e, posteriormente, à temperatura ambiente, a acidez total titulável foi influenciada somente pelo uso de diferentes temperaturas (Tabela 6), tendo aquelas submetidas a 0°C apresentado maior acidez que as demais.

Tabela 6 Temperatura e teor médio da variável acidez total titulável dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperatura	Médias (% de ácido cítrico)	
0	1,16	a
6	0,98	c
12	1,10	b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Com relação à variável pH, esta foi influenciada somente pelos dias de armazenamento. À medida que se aumentou o tempo de armazenamento, aumentaram-se os valores de pH, independente da temperatura (Gráfico 9).

Carnelossi et al. (2009), estudaram mangabas armazenadas a 6°, 8°, 10° e 12°C, por um período inicial de quatro dias, após o qual os frutos foram transferidos para condição ambiente e mantidos por mais cinco dias. Os autores verificaram, para todos os tratamentos julgados, um aumento significativo nos valores de pH durante o armazenamento, resultado semelhante aos obtidos neste estudo.

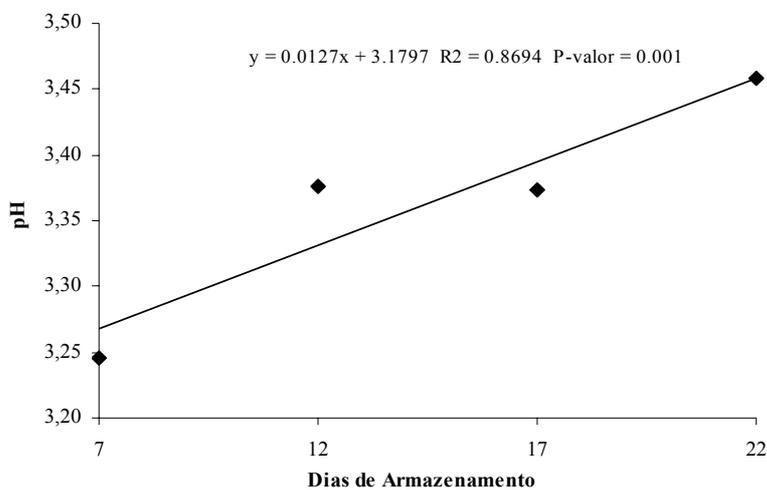


Gráfico 9 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pH em mangabas armazenadas em três temperaturas: 0°C, 6°C e 12°C e, posteriormente, à temperatura ambiente

A firmeza de mangabas submetidas a diferentes temperaturas foi influenciada apenas pelos dias de armazenamento (Gráfico 10).

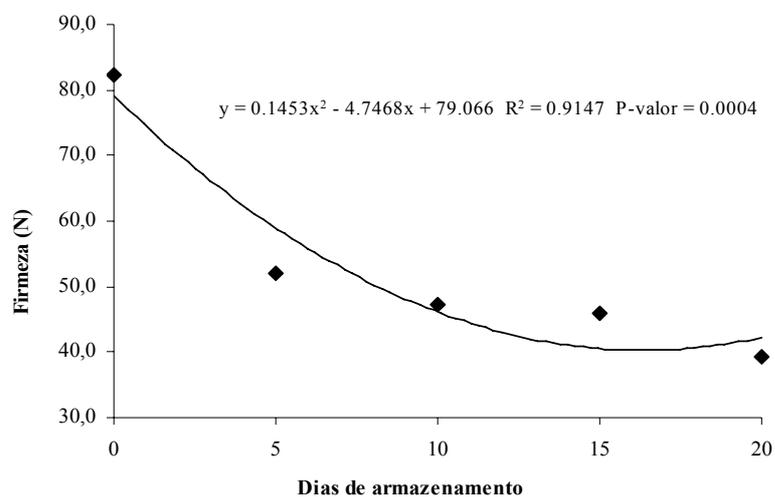


Gráfico 10 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável firmeza em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C

Percebe-se uma redução da firmeza até o décimo dia de armazenamento, seguida de estabilização. Ao final do armazenamento, a mangaba apresentou cerca de 50% de sua firmeza inicial, independentemente da temperatura a que foi submetida. Carnelossi et al. (2009), avaliando mangabas armazenados a 10° ou a 12°C, durante 9 dias, verificaram queda de cerca de 50% em sua firmeza, resultado este semelhante ao encontrado neste trabalho.

A pectina total e a pectina solúvel foram influenciadas pela interação entre os fatores temperatura e tempo de armazenamento (Gráficos 11 e 12).

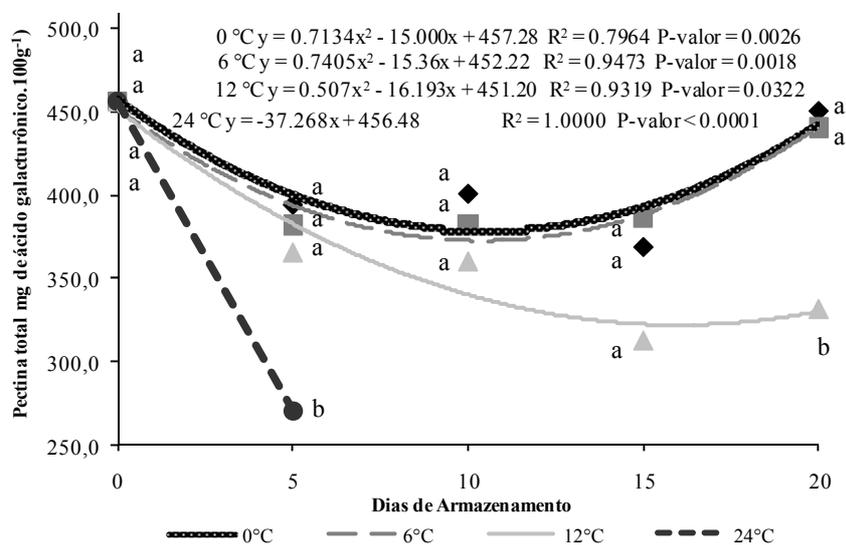


Gráfico 11 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pectina total em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

A pectina total de mangabas armazenadas nas temperaturas 0° e 6°C tendeu à ligeira queda até o décimo dia de armazenamento e uma discreta elevação a partir daí. Já no armazenamento a 12° e a 24°C, a variável apresentou queda com o armazenamento, sendo mais acentuada à temperatura de 24°C.

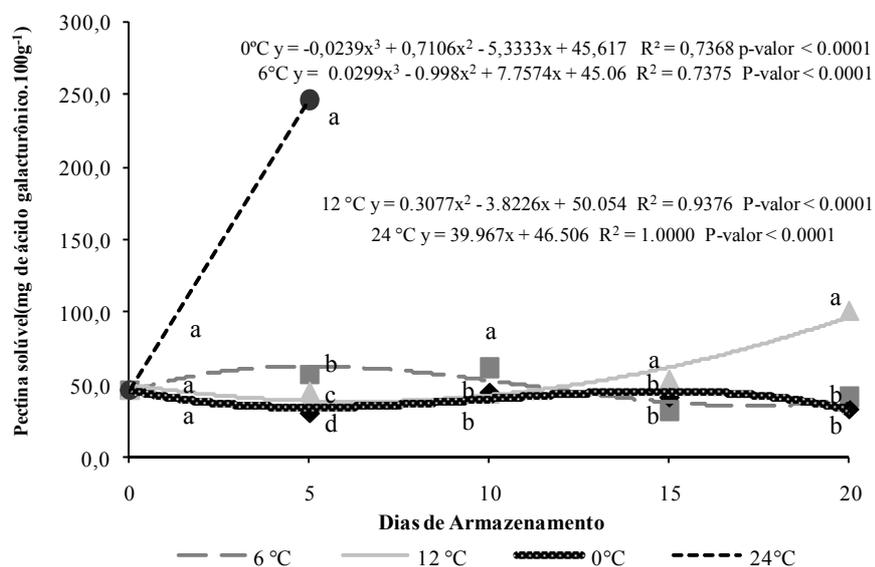


Gráfico 12 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pectina solúvel em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra em cada tempo de armazenamento não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Com relação à pectina solúvel, mangabas armazenadas nas temperaturas de 0° e 6°C apresentaram valores contantes ao longo do período experimental.

Pela análise de regressão, após verificar interação significativa dos fatores sobre a atividade de poligalacturonase, observou-se comportamento significativo apenas na PG dos frutos armazenados A 12°C (Gráfico 13). A atividade de pectinametilsterase não foi encontrada, neste trabalho, em nenhum dos experimentos avaliados.

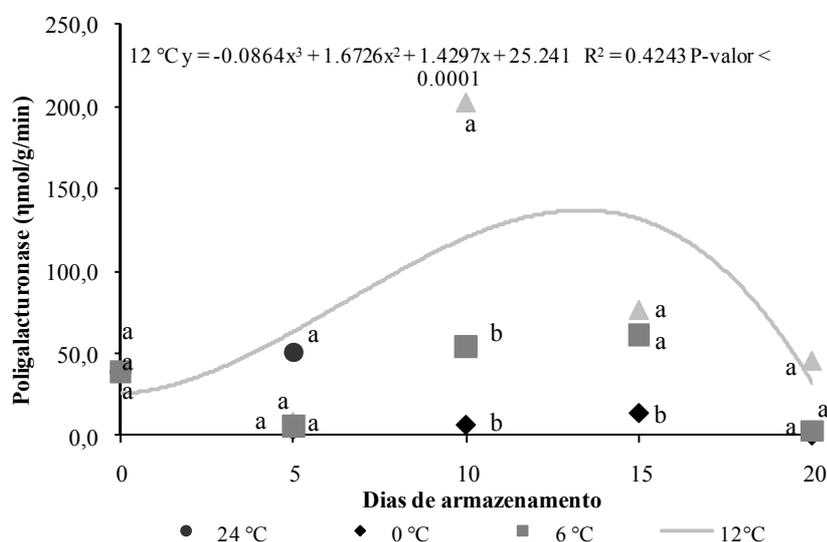


Gráfico 13 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável enzima poligalacturonase em mangabas armazenadas em diferentes temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, ao longo de 20 dias. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, A 5% de significância

Frutos armazenados nas temperaturas de 12° e 24°C apresentaram maior solubilização pécica. Sendo assim, pode-se inferir que temperaturas mais baixas foram efetivas em reduzir a solubilização pécica em mangabas, por retardar as transformações metabólicas envolvidas nesse processo. As baixas temperaturas são necessárias para reduzir as taxas de respiração e retardar a deterioração, como o amaciamento em produtos vegetais (CANTWELL; SUSLOW, 2002).

Mangabas submetidas a temperaturas de 0°, 6° e 24°C não apresentaram diferença estatística ao longo do armazenamento, apresentando valores de poligalacturonase constantes ao longo de todo o armazenamento. Já mangabas submetidas a 12°C apresentaram, ao longo de sua conservação, um aumento da

atividade enzimática até o 15º dia de armazenamento e, posteriormente, os valores tenderam à queda.

Em resumo, o que se verifica é que quanto maior a temperatura utilizada, maior a queda dos valores de pectina total e maior solubilização pécica durante o armazenamento. Esta solubilização pécica está estreitamente relacionada com a atividade de poligalacturonase.

Em mangabas submetidas à refrigeração e à temperatura ambiente, a variável firmeza não foi influenciada pelos dias de armazenamento e pelas diferentes temperaturas (Tabela 7). Acredita-se que este resultado se deu pelo fato de as mangabas já terem sofrido o amaciamento dentro da câmara de refrigeração.

Tabela 7 Teor médio da variável firmeza em diferentes temperaturas ao longo do armazenamento

Temperatura 0°C	Médias (firmeza N)
0	41,31
6	37,24
12	33,75

Com relação a pectina total, pectina solúvel e atividade poligalacturonase de mangabas armazenadas sob refrigeração e temperatura ambiente, pode-se verificar que estas variáveis sofreram influência da interação tempo e temperatura (Tabela 8, 9 e 10).

Tabela 8 Temperatura e teor médio da variável pectina total dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperaturas	Dias de armazenamento			
	Dia 7	Dia 12	Dia 17	Dia 22
0	570,31 a	620,86 a	568,11 a	584,29 a
6	599,26 a	616,93 a	470,20 c	519,48 a
12	518,87 a	564,66 a	556,32 b	535,81 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Tabela 9 Temperatura e teor médio da variável pectina solúvel dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperaturas	Dias de armazenamento			
	Dia 7	Dia 12	Dia 17	Dia 22
0	73,17 a	85,31 a	63,89 a	63,13 b
6	88,24 a	99,86 a	76,73 a	133,81 a
12	62,32 a	75,08 a	58,31 a	133,16 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Tabela 10 Temperatura e teor médio da variável enzima poligalacturonase dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperaturas	Dias de armazenamento			
	Dia 7	Dia 12	Dia 17	Dia 22
0	96,94 c	122,39 b	45,69 a	58,80 a
6	112,55 b	66,46 c	49,79 a	84,48 a
12	408,61 a	374,22 a	35,45 a	19,18 a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

A pectina total variou somente no décimo quinto dia de armazenamento; de modo geral, a pectina total permaneceu inalterada. Já em relação à pectina solúvel verifica-se, pelos dados das Tabelas 9 e 10, que, ao final do

armazenamento, mangabas mantidas a 0°C apresentaram menor solubilização péctica, menos da metade dos valores de mangabas armazenadas a 6° ou a 12°C.

Mangabas submetidas à temperatura de 12°C apresentaram maiores valores de atividade enzimática aos 7 e aos 12 dias. A partir daí ocorreu um decréscimo da atividade de poligalacturonase sob esta temperatura, não havendo diferença estatística significativa entre as temperaturas aos 17 e aos 22 dias.

Diante destes resultados, pode-se inferir que mangabas armazenadas em baixas temperaturas apresentaram baixa atividade de poligalacturonase, logo, menores teores de pectina solúvel, como foi observado anteriormente.

Porém, mesmo havendo relação entre o amaciamento da mangaba e a solubilização péctica, sugere-se que o amaciamento da mangaba pode estar relacionado também a outros fatores.

Na maioria dos frutos, a perda progressiva da firmeza, ou seu amaciamento, ocorre como consequência do amadurecimento normal, um processo complexo que envolve diferentes mecanismos, tais como perda do turgor celular, redução no tamanho e na distribuição dos polímeros das paredes celulares, e ação de enzimas hidrolíticas, dentre outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

De acordo com Vilas Boas, Chitarra e Chitarra (1996), o amaciamento dos tecidos envolve uma ação coordenada de enzimas de parede celular, sendo a pectinametilesterase, a poligalacturonase, a beta-galactosidase e as xiloglucanases as mais sugeridas. Tais enzimas atuam na despolimerização e na solubilização de substâncias pécticas e hemicelulósicas que culminam com o amaciamento dos tecidos.

4 CONCLUSÕES

A refrigeração prolonga a vida útil dos frutos.

A temperatura de 12°C é a mais adequada para a conservação da mangaba, por retardar o amadurecimento do fruto, prolongando, conseqüentemente, sua vida útil, sem, no entanto, provocar o escurecimento na superfície, ou seja, injúria pelo frio.

As temperaturas de 0 e 6°C promovem *chilling* em mangabas, visualizado pelo escurecimento externo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultura Chemists**. Washington, 1998. 1094 p.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method of quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.
- BORGES, M. F.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). In: ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. (Ed.). **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 44-45. (Série Frutas Tropicais).
- BOYETTE, M. D.; SANDERS, D. C.; ESTES, E. A. **Fiel**: and greenhouse, grown tomatoes. Raleigh: North Carolina State University, 1998. 9 p.
- BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness um peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.
- CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cuts fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 2002. p. 445-463.
- CARNELOSSI, M. A. G. et al. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, set./out. 2004.
- _____. Physico-chemical quality changes in mangaba (*Hancornia speciosa* gomes) fruit stored at different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 4, p. 985-990, July/Aug. 2009.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2002. 428 p.

HOJO, E. T. D. et al. Firmeza de mangas 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1878-1883, nov./dez. 2007.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 266 p.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Exon, 1997. 531 p.

LEDERMAN, I. E. et al. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Ed. São Paulo, 2000. 35 p. (Série Frutas Nativas, 2).

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, New York, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MOREIRA, M. A. B. et al. Cajá (*Spondias mombin* L. *Spondias lútea* L.). In: VIEIRA NETO, R. D. (Ed.). **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracaju: EMBRAPA, 2002. p. 21-44.

NARAIN, N. et al. Tecnologia do processamento do fruto. In: SILVA JÚNIOR, J. F.; LEDO, A. S. (Ed.). **A cultura da mangaba**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2005. p. 220-232.

SANTOS, A. F. dos et al. Conservação pós-colheita de mangaba em função da maturação, atmosfera e temperatura de armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 85-91, jan./mar. 2009.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Conservação pós-colheita de mangaba sob refrigeração e modificação da atmosfera de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 78-86, jun. 2008.

VIEIRA NETO, R. D. et al. **Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2002. 22 p. (Sistemas de Produção, 2).

VILAS BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana Prata gama irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 559-697, set. 1996.

YASHIMITA, F.; BENASSI, M. T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de peso em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 27-31, jan./fev. 2000.

YEMM, E.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrona. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO 3

Potencial antioxidante *in vitro* e constituintes voláteis da mangaba armazenada em diferentes temperaturas

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se determinar a atividade antioxidante e a constituição volátil da mangaba submetida a diferentes temperaturas. Para tanto, frutos verde maduros foram armazenados sob quatro temperaturas: 0°, 6°, 12°C e 24°C. Os frutos foram armazenados durante 20 dias, sendo realizadas as seguintes avaliações a cada 5 dias: atividade antioxidante pelo método de sequestro de radical livre pelo DPPH, compostos fenólicos por Folin Ciocalteu, vitamina C por método colorimétrico e extração e identificação dos compostos voláteis pela técnica de microextração em fase sólida (SPME) usando-se de Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massas. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos em fatorial 3x5, com três repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por três frutos. Os dados da composição dos voláteis foram submetidos à Análise de Componente Principal (PCA), já para as demais variáveis os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se software R, em que usou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativo, a comparação de médias para as temperaturas foi realizada por meio do teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade, e para dias foi realizada, análise de regressão. Dentre as classes de compostos químicos encontrados dos constituintes voláteis, os alcoóis (25,00%) e aldeídos (25,00%) apresentaram-se como as classes de maior representação, seguido dos terpenos (19,44%), outros hidrocarbonetos (19,44%), ésteres (8,34%) e cetonas (2,78%). Pela análise de PCA verificou-se a distinção de três grupos que se associaram principalmente em função do tempo de armazenamento, ou seja, os tempos iniciais de armazenamento refrigerado se agruparam devido a altas porcentagens do composto trans-2-hexanal e os tempos finais sob refrigeração se agruparam dada a porcentagens semelhantes de diversos compostos; ao passo que a única amostra que não foi submetida à refrigeração se encontrou distante das demais por apresentar maior porcentagem do trans-hex-3-en-1-ol, e por ser a única amostra a apresentar os ésteres lactato de metila e lactato de etila. A mangaba apresentou alto teor de fenólicos e de vitamina C, bem como elevada atividade antioxidante, contudo, independente da temperatura utilizada observou-se redução no teor da atividade antioxidante com

o tempo de armazenamento estudado, fato este atribuído à redução também observada nos teores de fenólicos totais. Já os valores para vitamina C permaneceram constantes independente do tempo e da temperatura avaliada.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa*. Atividade antioxidante. Composição volátil. Refrigeração. Armazenamento. Conservação.

ABSTRACT

In the present work the objective was to determine the antioxidant activity and the volatile profile of the mangaba fruit submitted to different temperatures. For that, mature green fruits were stored at four different temperatures: 0°, 6°, 12° and 24°C. The fruits were stored for 20 days, conducting the following evaluations every 5 days: antioxidant activity by the DPPH free radical sequestration method, phenolic compounds by Folin Ciocalteu, vitamin C by the colorimetric method and extraction and identification of the volatile compounds by the solid phase microextraction technique (SPME) using Gas Chromatography/Mass Spectrometry. The work was conducted in a completely randomized design (CRD). The treatments were arranged in a 3x5 factorial, with three repetitions, and each experimental unit made up of three fruits. The composition data of the volatiles were submitted to Principal Component Analysis (PCA). The results of the other variables were submitted to statistical analyses using the R software, in which the F test was used for variance analysis to verify the difference among the treatments. When significant, the comparison of averages for the temperatures was conducted through the Scott-Knott test to 5% probability, and for days, regression analysis was conducted. Among the classes of chemical compounds found in the volatile profile, the alcohols (25.00%) and aldehydes (25.00%) were the classes with higher representation, followed by the terpenes (19.44%), other hydrocarbons (19.44%), esters (8.34%) and ketones (2.78%). By the PCA analysis the distinction of three groups was verified that were associated mainly by function of the storage time, in other words, the initial refrigerated storage times were grouped due to high percentages of the compound trans-2-hexanal. The final times under refrigeration grouped according to similar percentages of various compounds; while the only sample that was not submitted to the refrigeration was far from the others for presenting a higher percentage of trans-hex-3-en-1-ol, and for being the only sample to present the esters methyl and ethyl lactate. The mangaba fruit presented high phenolic levels and vitamin C, as well as high antioxidant activity, however, independent of the temperature used, a reduction was observed in the antioxidant activity level over the storage period. This fact is attributed to the reduction also observed in the total phenolic levels. The values for vitamin C remained constant independent of the time and the temperature evaluated.

Keywords: *Hancornia speciosa*. Antioxidant activity. Volatile profile. Refrigeration. Storage. Preservation.

1 INTRODUÇÃO

Os novos hábitos alimentares, bem como o novo estilo de vida, expõem o homem a uma gama de fatores de risco para as doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT). Dentre esses fatores de risco está o consumo de dietas desequilibradas, além de uma vida estressante e sedentária, que pode agravar-se quando associado a tabagismo, alcoolismo e uso de contraceptivos. Isso leva a uma mudança no perfil epidemiológico dos países, onde se observa um número crescente de doenças como obesidade, diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, osteoporose e vários tipos de câncer (VOLP; RENHE; STRINGUETA, 2009).

Nesse contexto, a ênfase na busca por alimentos que contribuem para a obtenção de uma saúde adequada tem aumentado significativamente em todo o mundo. Em face disso, o consumo de vegetais tem aumentado, dada as propriedades benéficas que estes possuem.

As recomendações de dietas para uma vida saudável são unânimes quanto à inclusão ou ao aumento no consumo de frutas e hortaliças, por representarem excelentes fontes de fibras, vitaminas, minerais e fitonutrientes, contribuindo efetivamente para uma boa nutrição e a prevenção de doenças crônico-degenerativas. Em inúmeros estudos tem sido enfatizada a presença de antioxidantes naturais nas frutas e o seu consumo regular pode estar associado à redução do risco de doenças. Entre os antioxidantes naturais das frutas que têm recebido maior atenção estão as vitaminas C e E, os carotenoides e os fenólicos.

Adicionalmente, e não menos importante, os consumidores de todo o mundo têm sido atraídos por frutos considerados exóticos, que apresentam diferentes aromas e sabores peculiares e intensos que os tornam atrativos ao consumo. No entanto, o aroma da maioria desses frutos ainda não foi caracterizado. O estudo dos compostos voláteis é importante, pois estes reportam

às peculiaridades de aroma de um alimento, características bem intensas e marcantes de frutos que desempenham papel decisivo na qualidade do alimento.

O Brasil apresenta incontáveis espécies nativas cujos frutos apresentam potencial antioxidante e perfil aromático a serem explorados. Dentre elas se destaca a mangabeira (*Hancornia speciosa*).

A mangaba, fruto da mangabeira, se apresenta como uma baga elipsoide ou esférica, de cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca, mole e adocicada. Em estado de maturação, o fruto tem casca amarelada com ou sem manchas avermelhadas, sendo muito aromático e bastante perecível (BARROS et al., 2006; SOUSA et al., 2005).

Os estudos sobre a composição química dos voláteis e a atividade antioxidante da mangaba são escassos. Em estudos de Rufino et al. (2009) e Rufino et al. (2010) evidenciou-se alta atividade antioxidante da mangaba, superior à de diversos frutos analisados. Sampaio e Nogueira (2006), em relato sobre a composição volátil da mangaba, apresentaram uma gama de compostos pertencentes a variadas classes químicas envolvidas na formação do aroma típico do fruto.

Contudo, verifica-se que não foram encontrados relatos na literatura sobre o comportamento do perfil antioxidante e volátil da mangaba durante o seu armazenamento.

O armazenamento adequado é ponto chave na extensão da vida útil pós-colheita do fruto, sendo decisivo na manutenção da qualidade, bem como facilitando sua comercialização. Uma das técnicas empregadas com este objetivo é o emprego de baixas temperaturas.

A qualidade comestível, em muitos produtos perecíveis, aumenta após a colheita e depois decai rapidamente, se não for utilizado o processo de armazenamento a frio. Sem esse cuidado, as deteriorações são mais rápidas devido à produção do calor vital e à liberação de CO₂, decorrentes da respiração.

Dessa forma, é utilizada a refrigeração, principalmente para diminuir a taxa respiratória. Havendo redução da respiração, há, em consequência, redução nas perdas de aroma, sabor, textura, coloração e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em suma, partindo do princípio de que a mangaba é um fruto com vida útil reduzida e que tecnologias de conservação influenciariam as características pós-colheita deste fruto, acredita-se ser de grande importância o estudo do comportamento da atividade antioxidante e constituição volátil da mangaba submetida ao armazenamento refrigerado.

Neste intuito, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a atividade antioxidante e a constituição volátil da mangaba armazenada a diferentes temperaturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos e organização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Para tanto, foram utilizados frutos provenientes do município de Curvelo, MG, que apresenta vegetação típica do cerrado.

As mangabas foram colhidas em novembro, mês em que se concentra o ápice da produção da mangaba neste município. Foram selecionados os frutos verdes maduros, ou seja, frutos totalmente desenvolvidos, colhidos diretamente da planta-mãe (apresentando coloração esverdeada para amarelada, sólidos solúveis de 10,5° Brix e firmeza de 80,5N).

Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas até o laboratório, sempre à temperatura ambiente. No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à aparência externa, ou seja, tamanho, casca íntegra, sem injúrias mecânicas, manchas e rachaduras.

Após a seleção, os frutos foram lavados com água corrente, a fim de retirar os resíduos provenientes do campo e, posteriormente, sanificados em solução de hipoclorito de sódio, a 200 mg.L⁻¹ por 10 minutos. Em seguida, os frutos foram colocados sobre a bancada revestida com papel filtro, para a drenagem do excesso da solução sanificante.

Posteriormente, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno (PET) sem tampa e armazenados em quatro temperaturas: 0°, 6°, 12°C e temperatura ambiente (controle). Os frutos foram armazenados durante 20 dias, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias.

2.2 Análises

2.2.1 Atividade antioxidante total

Para a obtenção do extrato, utilizou-se a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino et al. (2007). Para tanto, foram pesados 5 g de cada amostra (temperaturas 0°, 6°, 12°C e controle, a 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento), às quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo, em seguida homogeneizando e deixando em repouso por 1 hora. Em seguida, centrifugou-se a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada.

Convém ressaltar que toda a análise foi conduzida ao abrigo da luz, protegendo as vidrarias com papel alumínio para minimizar a degradação da solução final do reagente antes de reagir com as substâncias de interesse.

A metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH 60 μ M), proposta por Rufino et al. (2007) com algumas adaptações em relação ao cálculo. Calculou-se a quantidade, em gramas de DPPH/grama, do fruto, de acordo com a equação da reta obtida da curva padrão, com as concentrações de DPPH que variaram de 0 a 60(μ M), calculando-se o percentual de sequestro do radical DPPH a partir do padrão.

O método de sequestro de radicais livres (DPPH \cdot) se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um radical livre, o

DPPH• que, ao se reduzir, perde sua coloração púrpura. Dessa forma, avalia apenas o poder redutor do antioxidante que, ao doar um elétron, se oxida.

Para a determinação da capacidade antioxidante, foram adicionados 0,5 mL de cada extrato das amostras (temperaturas 0°, 6°, 12°C e controle, aos 0, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento) ou do antioxidante padrão (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox) na concentração de 0,2mg.mL⁻¹ a 3,9 mL de solução de DPPH. Para o controle, foram adicionados 0,5 mL de metanol, juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 1 hora e 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm e os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac$$

em que

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

O 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox, que é um composto antioxidante análogo a vitamina E, porém, de natureza hidrofílica, foi utilizado como antioxidante de referência na concentração de 0,2 mg/mL⁻¹, conforme proposto por Rufino et al. (2007). O Trolox, utilizado na concentração de 0,2mg.mL⁻¹, apresentou %SRL médio igual a 93,91%. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicatas.

2.2.2 Compostos fenólicos totais

Para a obtenção do extrato para a quantificação dos compostos fenólicos, realizou-se o mesmo procedimento para a obtenção do extrato antioxidante.

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Em resumo, 0,5 mL de extrato de cada amostra foram adicionadas aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocalteu 10%. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100g da amostra (mg EAG. 100g⁻¹)

2.2.3 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado, e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g⁻¹ de polpa.

2.2.4 Compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

A extração e a identificação dos compostos voláteis da mangaba foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa GC-2010 – Gás Chromatograph Shimadzu® e GCMS – QP2010 Plus – Gas Chromatograph Mass Spectrometer.

Preliminarmente às extrações, a fibra extratora foi condicionada, a 300°C, por 30 minutos, em cromatógrafo gasoso. Entre cada exposição das amostras, a fibra (PDMS/DVB) era limpa e condicionada a uma temperatura de 300°C, por 30 minutos, no mesmo cromatógrafo.

Quatro gramas de fruto congelado foram transferidos para um frasco de vidro (próprio para retenção de volátil) com capacidade para 10 mL e levados para agitação à velocidade constante de 50 rpm e aquecimento a 100°C, por 15 minutos. O procedimento de extração envolveu a exposição da fibra de polydimethylsiloxane/divinilbenzene (PDMS/DVB, 65 µm, Supelco) ao “headspace” de cada amostra em frascos fechados.

Após esse tempo de agitação, aquecimento e exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, por 2 minutos, a 250°C.

Para a identificação, utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida (Equity-5) de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DBS); temperatura do injetor de 220°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescidos 4°C a cada minuto,

até atingir 200°C; gás de arraste hélio, com 1,82 mL.min⁻¹ fluxo na coluna; sem split, com pressão inicial na coluna de 102,4 kPa.

As condições do espectrômetro de massas (EM) foram as seguintes: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1.000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmento/segundo e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da.

Cada componente foi identificado pela comparação de seu espectro de massas com espectros existentes na literatura (ADAMS, 1995), com base nos espectros avaliados pelo banco de dados (Wiley 8. LIB e FFNSC.1.2.lib). Visto que não foram utilizados padrões para a confirmação da identidade dos compostos, estes foram considerados como tentativamente identificados.

2.2.5 Análises estatísticas

A análise estatística das variáveis vitamina C, atividade antioxidante e compostos fenólicos foi realizada utilizando-se do software R, em que se realizou a análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. As médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Quando encontrada diferença significativa na interação entre os fatores, foi feita a análise de regressão.

Os dados da composição dos voláteis obtidos por cromatografia foram analisados pela análise dos componentes principais (*principal component analysis*, ou PCA). Os dados foram pré-processados por autoescalamamento antes das análises por PCA. Os cálculos foram realizados no software MATLAB (Versão 7.5, 2007).

2.3 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 4x5, sendo constituídos por 4 tratamentos (controle, temperaturas de 0°, 6° e 12°C) e cinco tempos de armazenamento (0, 5, 10 15 e 20 dias), contendo três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de quatro frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade antioxidante

As mangabas mantidas à temperatura ambiente, ou seja, cerca de 24°C, tornaram-se deterioradas após 5 dias de armazenamento, apresentando impróprias para o consumo ou industrialização. Dessa forma, as análises nessa temperatura não tiveram continuidade após esse período. Portanto, os tempos 10, 15 e 20 dias são constituídos apenas pelo estudo das temperaturas 0, 6 e 12°C.

A atividade antioxidante da mangaba foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento. Houve uma redução gradual nos valores da atividade antioxidante com a evolução do período de armazenamento, independentemente da temperatura utilizada (Gráfico 1).

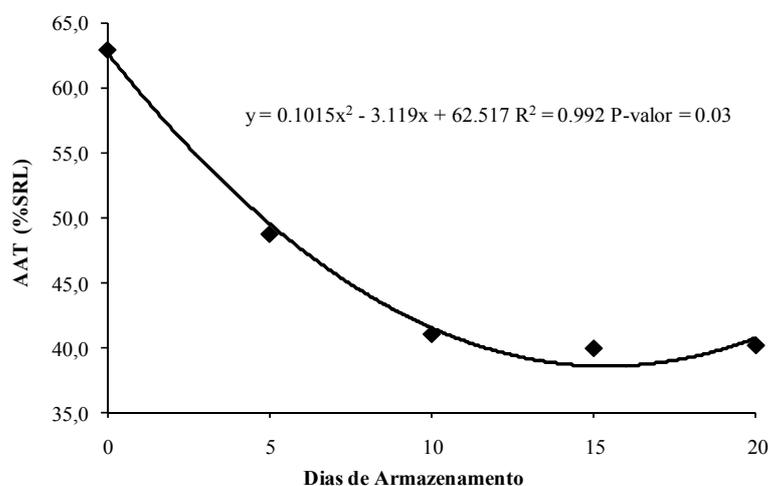


Gráfico 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da atividade antioxidante total (AAT) em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, armazenadas por 20 dias

No primeiro dia de análise, a atividade antioxidante apresentava-se em torno de 62% de sequestro de radical livre. Já no último dia de análise houve redução em todas as temperaturas estudadas, reduzindo, em média, para quase a metade do potencial antioxidante inicial.

As frutas, além de conterem vitaminas, minerais e fibras, também contêm outras substâncias benéficas à saúde, como os antioxidantes. A mangaba deste estudo se apresentou como uma fruta rica em antioxidantes.

Pela literatura, verifica-se que a atividade antioxidante da mangaba é alta, porém, apresenta grandes variações. Rufino et al. (2009), avaliando a atividade antioxidante de sete frutos, incluindo a mangaba, pelo método de sequestro de radical livre por DPPH, observou que a mangaba ocupou o terceiro lugar, apresentando menor atividade somente do que o caju-amarelo e a acerola. Já Rufino et al. (2010), comparando a capacidade antioxidante de 18 frutos, verificou que a mangaba apresentou atividade antioxidante superior à de diversos frutos, tais como jabuticaba, jabolão, juçara, camu-camu, uvaia e, até mesmo, da acerola, conhecida pelo seu alto poder antioxidante.

A capacidade antioxidante da mangaba depende da ação sinérgica entre os constituintes de diferentes frações, sendo os compostos fenólicos e a vitamina C os componentes mais importantes.

Avaliando-se o teor de compostos fenólicos verifica-se que estes foram influenciados apenas pelo tempo de armazenamento (Gráfico 2). Independente da temperatura, os compostos fenólicos diminuíram ao longo do armazenamento. Pode-se observar uma queda acentuada dos compostos fenólicos nos cinco primeiros dias de armazenamento, seguida, de maneira geral, de tendência a estabilização (Gráfico 2).

A mangaba assumiu valores no teor de fenólicos, variando de 490 a 390 mg EAG.100g⁻¹. Valores bem inferiores foram encontrados por Rufino et al. (2010), que observaram teor de 169 mg EAG.100 g⁻¹.

Klimezak et al. (2007) estudaram o efeito do armazenamento na atividade antioxidante de suco de laranja e evidenciaram uma diminuição no conteúdo de polifenóis totais armazenados. O suco de laranja armazenado a 18°C apresentou menor degradação dos polifenóis, quando comparado aos sucos armazenados a 28° e 38°C, tendo, neste estudo, sido constatado que a temperatura e o tempo de armazenamento afetaram o conteúdo de polifenóis.

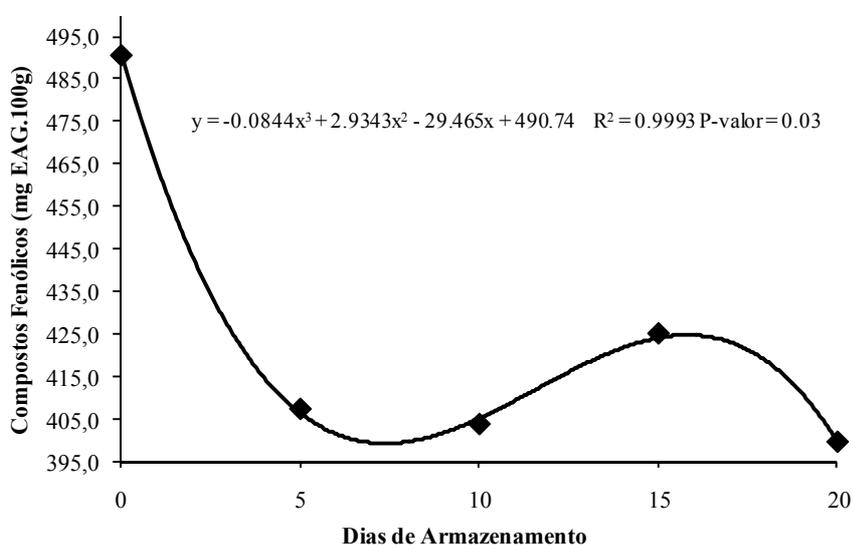


Gráfico 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos compostos fenólicos totais em mangabas armazenadas em quatro temperaturas: 0°C, 6°C, 12°C e 24°C, armazenadas por 20 dias

Já com relação à vitamina C, verifica-se que esta variável não foi influenciada nem pelo tempo de armazenamento e nem pela temperatura utilizada (Tabela 1). Ao longo do armazenamento, a vitamina C apresentou valores praticamente constantes, ressaltando-se que mangabas armazenadas a 24°C foram analisadas somente a 0 e aos 5 dias.

Tabela 1 Temperatura e teor médio da variável vitamina C dos frutos armazenados em cada uma delas

Temperatura °C	Médias (vitamina C)
0	174,912
6	178,573
12	182,583
24	181,301

Vários autores observaram que frutos e hortaliças apresentam diminuição nos teores de vitamina C após a colheita e armazenamento, contudo, alguns frutos cítricos e hortaliças podem apresentar uma retenção ou, mesmo, um aumento nos teores de vitamina C, quando armazenados (CARNELOSSI et al., 2004).

Carnelossi et al. (2004), estudando mangabas tipo “de caída” e “de vez”, encontraram um aumento dos valores de vitamina C durante o armazenamento da mangaba em diferentes temperaturas.

Pelos resultados obtidos pode-se verificar que a mangaba apresenta quantidade elevada de vitamina C, cerca de 180 mg.100 g⁻¹. No Brasil, a ingestão diária recomendada de vitamina C é de 45 mg, para adultos, de acordo com a Resolução RDC nº269, de 22/09/2005 (BRASIL, 1978). Logo, a ingestão de 25 g de mangaba pode satisfazer à necessidade diária de vitamina C de um adulto.

A vitamina C é um excelente antioxidante e atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, bem como regenerando diferentes substratos de sua forma oxidada para a forma reduzida (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de ácido ascórbico pode ser utilizado como um índice de qualidade dos alimentos, porque varia no produto de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Genovese et al. (2008), avaliando o teor de ácido ascórbico ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e de fenólicos totais ($\text{mg}\cdot \text{EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$) presentes em 4 frutos nativos do Brasil, relataram os seguintes resultados para vitamina C e fenólicos respectivamente: araçá-boi, 9,5 e 87; camu-camu, 397 e 1.797; jaracatia, 8,4 e 151 e araçá, 4,7 e 129. Dessa forma, verifica-se que a mangaba pode ser considerada rica em vitamina C e fenólicos, comparada com os frutos acima mencionados, apresentando valores menores apenas ao do camu-camu.

3.2 Compostos voláteis

Os compostos voláteis tentativamente identificados na mangaba armazenada por 20 dias, sob diferentes temperaturas, com seus respectivos tempos de retenção médios e porcentagens das áreas relativas dos picos, estão apresentados na Tabela 2.

Foi possível a identificação de um total de 36 compostos ao longo do armazenamento em diferentes temperaturas, perfazendo, em média, 52,59% da área relativa total.

Dentre as classes de compostos químicos encontrados, os alcoóis (25,00%) e os aldeídos (25,00%) apresentaram-se como as classes de maior representação, seguidos dos terpenos (19,44%), outros compostos (19,44%), ésteres (8,34%) e cetonas (2,78%).

Os compostos linalool (monoterpeno), dodecan-1-ol (álcool) e trans-hex-2-enal (aldeído) foram os que se apresentaram em todos os tempos de análise em todas as temperaturas estudadas.

Kubota (2007), avaliando a composição volátil da mangaba pela técnica de SPME (fibra PDMS, extrato: 1,0 g de fruto + 6,0 mL de água e 30% em peso de NaCl), verificou a presença de diversos compostos, pertencentes a diferentes classes químicas. Majoritariamente, no fruto verde, os voláteis foram

caracterizados pela presença de alcoóis e nos frutos maduro e “de vez” predominaram ésteres.

Tabela 2 Constituintes voláteis, tempo de retenção médio (TRM) e porcentagem de áreas relativas dos componentes aromáticos da mangaba (*Hancornia speciosa*), em diferentes tempos de armazenamento e diferentes temperaturas. Controle: dia inicial, antes de submeter as demais temperaturas/0°C T1: 5 dias a 0°C/6°C T1: 5 dias a 6°C/12°C T1: 5 dias a 12°C/20°C T1: 5 dias a 20°C/0°C T2: 10 dias a 0°C/6°C T2: 10 dias a 6°C/12°C T2: 10 dias 12°C/0°C T3: 15 dias a 0°C/6°C T3: 15 dias a 6°C/12°C T3: 15 dias a 12°C/0°C T4: 20 dias a 0°C/6°C T4: 20 dias a 6°C/12°C T4: 20 dias a 12°C

Constituintes*	TRM	Área do pico (%)													
		Controle	0°C T1	6°C T1	12°C T1	20°C T1	0°C T2	6°C T2	12°C T2	0°C T3	6°C T3	12°C T3	0°C T4	6°C T4	12°C T4
Alcoóis															
Butano-2,3-diol	6,03	-	-	-	-	1,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Metil-1-butanol	6,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,06	2,92	-	-	2,19
4-Penten-1-ol	7,27	-	-	2,44	2,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trans-Hex-3-en-1-ol	11,54	-	3,09	3,12	3,88	11,08	1,17	2,86	3,08	-	1,10	1,05	-	0,88	0,91
Hexan-1-ol	12,75	-	-	-	-	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decan-1-ol	14,67	-	-	-	-	2,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Nonen-1-ol	16,89	-	-	-	-	-	-	-	-	1,58	2,26	-	-	1,49	-
Trans-dec-2-en-1-ol	20,48	-	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dodecan-1-ol	25,90	1,35	1,10	2,27	1,53	2,07	1,23	1,19	1,30	1,21	1,26	0,82	0,94	0,82	0,54
Terpenos															
Trans-linalool oxide	13,83	1,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalool	14,91	1,19	4,87	2,93	1,91	1,42	3,34	2,31	1,98	1,33	1,14	4,26	6,69	0,52	0,58
Alfa terpineol	18,18	1,52	-	0,55	1,06	1,43	0,54	0,71	1,29	1,54	0,53	2,77	0,97	-	-
Nerol	20,53	-	-	-	0,22	1,12	-	-	-	-	-	0,87	0,70	-	-
Alfa copaeno	24,51	0,61	0,45	1,23	1,28	0,45	0,40	0,36	0,51	-	0,22	-	-	0,27	-
β-elemeno	25,03	2,58	0,94	-	-	1,10	-	-	0,93	-	-	1,39	0,75	2,47	-
(Z)-β-cariofileno	25,90	1,92	0,84	2,46	0,90	-	2,11	1,74	1,19	1,48	-	0,99	0,81	0,39	1,27
Cetona															
2-Hidroxi-2-butanona	5,30	-	-	-	-	1,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aldeídos															
Hexanal	4,81	-	-	12,32	6,03	-	6,11	2,39	11,40	-	-	-	-	-	-
2-Hexenal	6,26	35,97	45,80	35,36	37,57	38,90	47,80	35,93	43,84	20,74	17,77	22,75	17,53	14,02	16,38
Trans-hexa-2,4-dienal	8,03	2,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzaldeído	12,74	-	-	0,35	-	-	1,56	1,10	3,04	1,77	0,69	1,96	4,66	-	-
Trans-oct-2-enal	13,37	-	-	0,32	-	-	0,67	-	-	1,04	-	-	1,06	-	-
Nonanal	15,10	1,51	-	0,40	0,89	1,01	1,16	0,94	1,10	1,40	1,45	-	2,86	-	0,68
Trans-non-2-enal	17,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,54	-	1,02	0,47	0,61
Decanal	18,73	0,30	-	0,21	0,89	-	0,87	0,72	1,03	1,64	1,14	-	1,66	1,46	-

Tabela 2, conclusão

Trans-dec-2-enal	20,68	-	-	0,38	0,38	-	1,15	-	0,68	-	0,32	-	1,09	0,63	1,33
Ésteres															
Lactato de metila	5,86	-	-	-	-	9,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lactato de etila	6,24	-	-	-	-	12,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de hexila	11,76	-	1,17	2,20	4,50	0,64	2,90	1,76	5,94	1,23	1,01	2,07	-	0,38	1,04
Outros compostos															
Hex-1-eno	3,21	-	-	-	-	1,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3,8-p-mentatriene	15,96	1,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecano	25,28	0,13	-	0,20	0,08	-	1,02	0,31	-	0,99	0,32	-	-	0,81	-
Hexadecano	31,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,95	2,54	3,43
Heptadecano	34,17	-	-	-	0,45	-	0,84	0,42	0,47	1,85	0,60	0,59	2,54	0,89	1,95
Octadec-1-eno	36,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,46	12,91
Octadecano	36,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,80	-	2,66	2,51	3,14

*tentativamente identificado por comparação dos seus espectros de massas com o banco de dados existentes na literatura (Wiley 8.LIB e FFNSC. 1.2 lib) 5

A análise dos componentes principais (PCA) está demonstrada nas Gráficos 3 e 4. No Gráfico 3 observam-se os escores nos quais os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por explicar 83,66% da variabilidade total presente no conjunto de dados. No Gráfico 4, observa-se o gráfico de pesos, que revela a relação entre as amostras pelos compostos voláteis identificados durante o armazenamento em diferentes temperaturas.

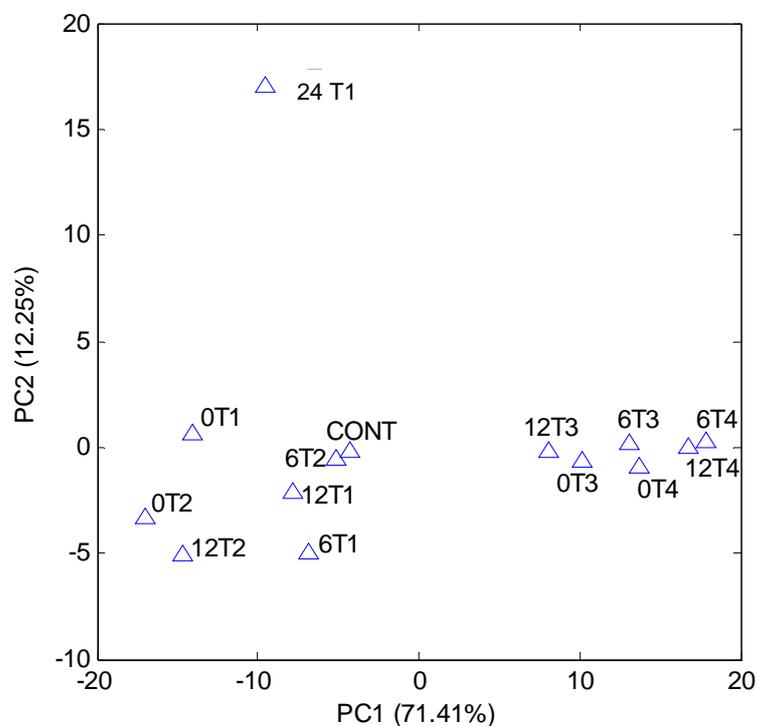


Gráfico 3 Análise de componentes principais (PCA) em relação aos tempos e temperaturas de armazenamento da mangaba. CONT: Dia inicial, antes de submeter as demais temperaturas/0°C T1: 5 dias a 0°C/6°C T1: 5 dias a 6°C/12°C T1: 5 dias a 12°C/24°C T1: 5 dias a 24°C/0°C T2: 10 dias a 0°C/6°C T2: 10 dias a 6°C/12°C T2: 10 dias 12°C/0°C T3: 15 dias a 0°C/6°C T3: 15 dias a 6°C/12°C T3: 15 dias a 12°C/0°C T4: 20 dias a 0°C/6°C T4: 20 dias a 6°C/12°C T4: 20 dias a 12°C

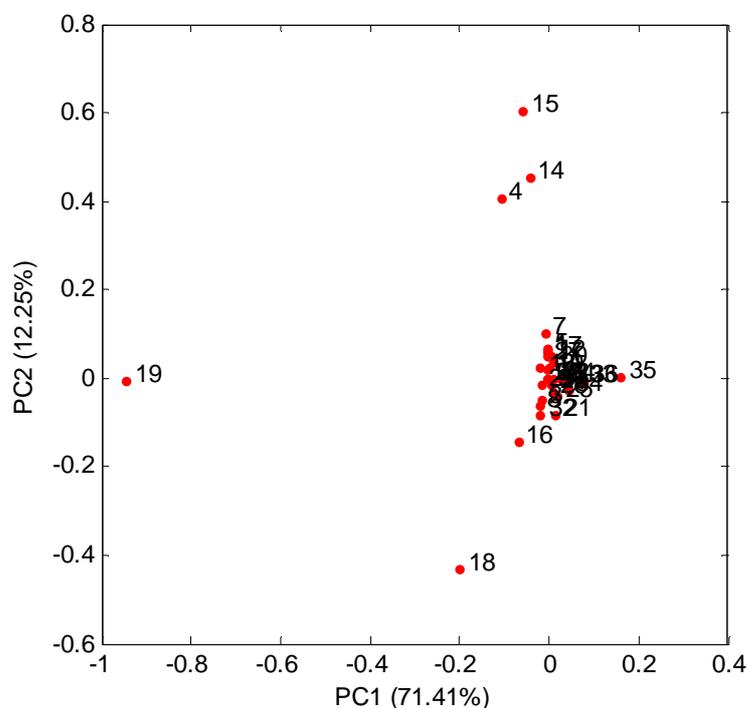


Gráfico 4 Análise de componentes principais PCA em relação aos tempos de armazenamento e temperatura a que foi submetida a mangaba. (1) Butano-2,3-diol; (2) 3-Metil-1-butanol; (3) 4-Penten-1-ol; (4) Trans-Hex-3-en-1-ol; (5) Hexan-1-ol; (6) Trans-linalool oxide; (7) Decan-1-ol; (8) Linalool; (9) 3-Nonen-1-ol; (10) Alfa terpineol; (11) Trans-dec-2-en-1-ol; (12) Nerol; (13) Dodecan-1-ol; (14) Lactato de metila; (15) Lactato de etila; (16) Acetato de hexila; (17) 2-Hidroxi-2-butanona; (18) Hexanal; (19) 2-Hexenal; (20) Trans-hexa-2,4-dienal; (21) Benzaldeído; (22) Trans-oct-2-enal; (23) Nonanal; (24) Trans-non-2-enal; (25) Decanal; (26) Trans-dec-2-enal; (27) Hex-1-eno; (28) 1,3,8-p-menthatriene; (29) Alfa copaeno; (30) β -Elemeno; (31) Tetradecano; (32) (Z)- β -cariofileno; (33) Hexadecano; (34) Heptadecano; (35) Octadec-1-eno; (36) Octadecano

Pela análise de componentes principais demonstrado no Gráfico 3, pode-se notar a presença de três grupos distintos: o primeiro deles formado pelas amostras dos tempos iniciais do armazenamento, ou seja, pelo controle, 0°C_{T1}, 0°C_{T2}, 6°C_{T1}, 6°C_{T2}, 12°C_{T1}, 12°C_{T2} que apresentam semelhanças entre si. No segundo grupo encontram-se as amostras dos tempos finais de

armazenamento que são semelhantes, 0°CCT3, 0°CCT4, 6°CCT3, 6°CCT4, 12°CCT3, 12°CCT4 e, no último, se encontra o 20°CCT1. Resumidamente, amostras de tempos iniciais em armazenamento refrigerado se agruparam e amostras em tempos finais sob refrigeração também, ao passo que a única amostra que não foi submetida à refrigeração se encontrou isolada.

A relação entre cada região mostra que o primeiro grupo apresenta em comum altas porcentagens de áreas relativas do composto trans-hex-2-enal (representado pelo número 19). O trans-hex-2-enal foi descrito por outros autores como composto responsável pelo sabor de produtos vegetais, contribuindo com notas “verde, mato, grama” (BALDWIN, 2002; GARRUTI et al., 2001). Assim, era de se esperar que frutos no início do armazenamento apresentassem porcentagens mais elevadas deste composto, visto que se apresentavam mais verdes. Também se salienta que o trans-hex-2-enal diminuiu suas porcentagens de área relativa com o decorrer do armazenamento da mangaba. Isso pode ser explicado, já que os frutos foram colhidos tipo “de vez” e, uma vez armazenados, eles amadurecem no decorrer do tempo.

O segundo grupo apresenta como semelhança porcentagens de áreas relativas dos demais compostos (representados pelos números 1,2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17,... 36). E a amostra 24°T1, ou seja, a amostra que não foi submetida à refrigeração, se encontra distante das demais por apresentar maior porcentagem do trans-hex-3-en-1-ol (número 4) que os demais e por ser o único a apresentar porcentagens de áreas relativas dos ésteres lactato de metila (número 14) e lactato de etila (número 15).

Neste trabalho, os ésteres somente foram encontrados nos frutos armazenados à temperatura ambiente. Eles têm sido encontrados em numerosos frutos e altas concentrações desses compostos estão associadas a um elevado grau de maturação do fruto.

4 CONCLUSÕES

A mangaba apresenta alta atividade antioxidante e elevado teor de fenólicos e de vitamina C.

Independente da temperatura utilizada, observa-se redução no teor da atividade antioxidante com o tempo de armazenamento estudado, fato este atribuído à redução também observada nos teores de fenólicos totais.

Os valores para vitamina C permaneceram constantes, independente do tempo e da temperatura avaliada.

Dentre as classes de compostos químicos encontrados no perfil volátil, os alcoóis (25,00%) e aldeídos (25,00%) apresentaram-se como as classes de maior representação, seguidos dos terpenos (19,44%), outros compostos (19,44%), ésteres (8,34%) e cetonas (2,78%).

Pela análise de PCA verifica-se a distinção de três grupos que se associam principalmente em função do tempo de armazenamento, ou seja, os tempos iniciais de armazenamento refrigerado se agruparam devido a altas porcentagens do composto trans-2-hexanal e os tempos finais sob refrigeração se agruparam, dadas as porcentagens semelhantes de diversos compostos. Já a única amostra que não foi submetida à refrigeração ficou distante das demais por apresentar maior porcentagem do trans-hex-3-en-1-ol e por ser a única amostra a apresentar os ésteres lactato de metila e lactato de etila.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. O. S. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 1995. 469 p.
- BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC, 2002. p. 89-106.
- BARROS, D. I. et al. Métodos de extração de sementes de mangaba visando à qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 25-27, abr. 2006.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 28, n. 1, p. 25-30, Jan. 1995.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 12**, de 24 de julho de 1978. Aprova Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, relativas a alimentos e bebidas. Brasília, 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_farinha_trigo.htm>. Acesso em: 12 fev. 2011.
- CARNELOSSI, M. A. G. et al. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, set./out. 2004.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- GARRUTI, D. dos S. et al. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) CCP-76**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).
- GENOVESE, M. I. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 4, p. 207-214, June 2008.

KLIMEZAK, I. et al. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 3/4, p. 313-322, May 2007.

KUBOTA, T. **Contribuição à química dos compostos voláteis dos frutos do nordeste: *Hancornia speciosa* Gomes**. 2007. 143 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Sergipe, Aracaju, 2007.

RUFINO, M. S. do M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 996-1002, Aug. 2010.

_____. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 693-695, May 2009.

_____. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p.

SAMPAIO, T. S.; NOGUEIRA, P. C. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 4, p. 606-610, Apr. 2006.

SOUSA, C. S. et al. Mangaba: perspectivas e potencialidades. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 29-31, set. 2005.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, jan./mar. 2009.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11.1.1-11.1.8.

CAPÍTULO 4

Qualidade pós-colheita da mangaba submetida ao armazenamento em diferentes embalagens

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a influência de diferentes embalagens, na conservação pós-colheita da mangaba. Para tanto frutos verde maduros foram acondicionados em três diferentes embalagens: embalagem de polietileno (PET) com tampa rígida encaixável do mesmo polímero; embalagem PET revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC) com espessura de 20 μm e embalagem PET revestida manualmente com filme PVC com espessura de 60 μm . Os frutos foram armazenados durante 20 dias à temperatura de $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% de UR, sendo realizadas as seguintes avaliações a cada 5 dias: monitoramento da concentração de O_2 e CO_2 , perda de massa fresca, coloração, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, amido, acidez titulável, pH, firmeza, pectina total, pectina solúvel e atividade de pectinametilesterase e poligalacturonase. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos em fatorial 3×5 , com três repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por três frutos. Os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se software R, em que usou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativo, a comparação de médias para as embalagens foi realizada por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e para dias foi feito, análise de regressão. A mangaba armazenada na embalagem de polietileno revestida com filme de policloreto de vinila 60 μm apresentou menores oscilações em seus constituintes ao longo do tempo, principalmente no metabolismo de carboidratos, em relação a conversão de amido em açúcares, e solubilização pectica, o que sugere retardo das modificações naturais que acontecem no fruto, consequentemente melhor conservação do fruto. Em contrapartida, a embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero determinou as maiores oscilações ao longo do tempo, dificultando a conservação do fruto.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa*. Atmosfera modificada. Conservação. Vida útil.

ABSTRACT

The general objective of the present work was to evaluate the influence of different packagings in the postharvest preservation of mangaba fruit. As such, mature green fruits were conditioned in three different packagings: polyethylene (PET) packaging with rigid snap-on cover of the same polymer; PET packaging covered manually with polyvinyl chloride (PVC) film, 20 μm thick and PET packaging covered manually with PVC film with thickness of 60 μm . The fruits were stored for 20 days at $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ and 90% RH, and the following evaluations were conducted every 5 days: monitoring of the O_2 and CO_2 concentrations, fresh mass loss, coloration, soluble solids, total soluble sugars, starch, titratable acidity, pH, firmness, total pectin, soluble pectin and pectinmethylesterase and polygalacturonase activity. The work was conducted in completely randomized design (CRD). The treatments were arranged in a 3x5 factorial, with three repetitions, and each experimental unit was made up by three fruits. The results were submitted to the statistical analyses using the R software, in which variance analysis was used through the F test to verify the difference among the treatments. When significant, the comparison of averages for the packaging was conducted through the Scott-Knott test to 5% probability, and for days, regression analysis was done. The mangaba fruit stored in the polyethylene packaging covered with 60 μm polyvinyl chloride film presented lower oscillations in their constituents over the storage period, mainly in the carbohydrate metabolism, in relation to starch conversion into sugars, and pectic solubilization, which suggests a delay of the natural modifications that occur in the fruit, and consequently better fruit preservation. On the other hand, the polyethylene packaging with a cover of the same polymer determined the highest oscillations over the storage period, hindering the preservation of the fruit.

Keywords: *Hancornia speciosa*. Modified atmosphere. Preservation. Shelflife.

1 INTRODUÇÃO

A mangaba, oriunda da mangabeira, é um fruto tipo baga elipsoide ou esférico, cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca mole e fibrosa, adocicada, que recobre 2 a 15 sementes achatadas e discoides, com coloração castanho-clara. Em estado de maturação pleno, o fruto apresenta casca amarelada, com ou sem manchas avermelhadas (BARROS et al., 2006; SOUSA et al., 2005).

No entanto, a mangaba é um fruto extremamente perecível e, portanto, suscetível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio, o que representa um sério obstáculo à sua comercialização (CARNELOSSI et al., 2004; SANTOS et al., 2009). Assim, torna-se necessário o estudo e o desenvolvimento de técnicas adequadas à conservação deste fruto, visando aumentar a sua vida útil pós-colheita.

Várias são as tecnologias estudadas na tentativa de prolongar a vida útil de frutos e hortaliças, destacando-se o uso de atmosfera modificada. Para muitas frutas e hortaliças, a embalagem com atmosfera modificada tem se mostrado como um suplemento necessário ao armazenamento sob refrigeração.

O armazenamento sob atmosfera modificada consiste no acondicionamento do produto em uma embalagem selada e semipermeável a gases, com o objetivo de diminuir a concentração de oxigênio e elevar a de dióxido de carbono, no intuito de reduzir a intensidade da respiração do produto e aumentar o seu tempo de vida útil, sem perda da qualidade.

Frente ao exposto, este trabalho foi realizada com o objetivo de avaliar a influência de diferentes embalagens, causando uma modificação atmosférica, na conservação pós-colheita da mangaba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos e organização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Para tanto, foram utilizados frutos provenientes do município de Curvelo, MG, município que apresenta vegetação típica do cerrado.

As mangabas foram colhidas em novembro, mês em que se concentra o ápice da produção da mangaba neste município. Foram selecionados os frutos verdes maduros, ou seja, frutos totalmente desenvolvidos, colhidos diretamente da planta-mãe (apresentando coloração esverdeada para amarelada, sólidos solúveis de 10,5° Brix e firmeza de 80,5N).

Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas até o laboratório, sempre à temperatura ambiente. No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à aparência externa, ou seja, tamanho, casca íntegra, sem injúrias mecânicas, manchas e rachaduras.

Após a seleção, os frutos foram lavados com água corrente, a fim de retirar os resíduos provenientes do campo e, posteriormente, sanificados em solução de hipoclorito de sódio, a 200 mg.L⁻¹, por 10 minutos. Em seguida, os frutos foram colocados sobre a bancada revestida com papel filtro para a drenagem do excesso da solução sanificante.

Posteriormente, quatro frutos por repetição foram acondicionados em três diferentes embalagens para a modificação da atmosfera. São elas:

- a) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, com tampa rígida encaixável do mesmo polímero;

- b) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC), com espessura de 20 μm ;
- c) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC), com espessura de 60 μm .

As embalagens contendo os frutos foram distribuídas aleatoriamente à temperatura de refrigeração de $12^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% de umidade relativa. Os frutos foram armazenados, durante 20 dias, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias.

2.2 Análises

2.2.1 Monitoramento da concentração de O_2 e CO_2 (%)

Em cada intervalo de tempo, foi retirada, por meio de um septo de silicone na superfície da embalagem plástica, uma alíquota da atmosfera interna das embalagens, utilizando-se um analisador de gases PBI Dansensor, que mede a porcentagem de O_2 e CO_2 .

2.2.2 Perda de massa fresca (%)

Foi calculada por gravimetria, segundo a expressão:

$$\text{PMF} = (\text{MI} - \text{MS}) 100/\text{MI},$$

em que

MI é a massa inicial e MS a massa da amostra, no dia da avaliação.

2.2.3 Coloração

A coloração foi determinada em três pontos distintos da casca e da polpa dos frutos, utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400, com a determinação no modo CIE L^* a^* b^* . A coordenada L^* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). Já a coordenada a^* pode assumir valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente. Por fim, a coordenada b^* , com a intensidade de azul ao amarelo, pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo).

2.2.4 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados por refratometria, conforme as normas da AOAC (1998), utilizando-se refratômetro digital, homogeneizando-se as amostras e transferindo de uma ou duas gotas do material para o prisma do refratômetro. Os resultados foram expressos em °BRIX.

2.2.5 Açúcares solúveis totais

Determinados por espectrofotometria a 620 nm, pelo método de antrona (YEMM; WILLIS, 1954).

2.2.6 Amido

O amido foi extraído por hidrólise ácida, segundo a técnica da AOAC (1998) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944).

2.2.7 Acidez titulável e pH

A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico. Já o potencial hidrogeniônico foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica aconselhada pela AOAC (1998).

2.2.8 Firmeza

A firmeza de frutos inteiros foi obtida determinando-se dois pontos na região equatorial do fruto, com o auxílio de um penetrômetro Magness – Taylor, com sonda de 5/6 polegadas de diâmetro e os resultados foram expressos em Newtons (N).

2.2.9 Pectina total e pectina solúvel

As pectinas total e solúvel foram extraídas de acordo com a técnica de MCCready e MCComb (1952) e determinadas espectrofotometricamente a 520 nm, segundo técnica de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico.100 g⁻¹ de polpa.

2.2.10 Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)

A extração enzimática foi feita segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978), com modificações (VILAS BOAS; CHITARRA, CHITARRA, 1996). A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin, Sun e Bulger

(1966), com modificações (VILAS BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μ mol de NaOH por grama de polpa fresca.min. A atividade de poligalacturonase foi expressa em μ mol de ácido galacturônico por grama de polpa por minuto.

2.2.11 Análises estatísticas

A análise estatística das variáveis avaliadas em cada experimento foi realizada utilizando-se do software R. Realizou-se a análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. As médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Quando encontrada diferença significativa na interação entre os fatores, foi feita a análise de regressão.

2.3 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos em fatorial 3x5, sendo constituído por 3 tratamentos (embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero, embalagem de polietileno revestida com filme PVC 20 μ m, embalagem de polietileno revestida com filme PVC 60 μ m) e cinco tempos de armazenamento (0, 5, 10, 15 e 20 dias), contendo três repetições. Cada unidade experimental foi constituída por três frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variável concentração de oxigênio (O_2) foi influenciada significativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento, bem como pela interação entre estes dois fatores.

O PVC 60 μm determinou as maiores reduções nas concentrações de O_2 , aos 10 e 20 dias de armazenamento. Entretanto, as variações observadas nas concentrações de O_2 ao longo do armazenamento não são relevantes do ponto de vista fisiológico (Tabela 1).

Tabela 1 Embalagens e teor médio de O_2 dos frutos armazenados em cada uma delas

Embalagens	Dias de armazenamento				
	Dia 0	Dia 5	Dia 10	Dia 15	Dia 20
Tampa PET	21,57 a	21,40 a	20,57 a	20,40 a	21,43 a
PVC 20 μm	21,67 a	21,63 a	20,40 b	21,00 a	20,63 b
PVC 60 μm	21,77 a	21,80 a	19,07 c	20,10 a	19,90 c

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Com relação à concentração interna de CO_2 , ocorreu diferença significativa entre o teor de CO_2 das diferentes embalagens e dos diferentes dias de armazenamento, mas não ocorreu interação entre estes dois fatores.

A concentração de CO_2 no interior das embalagens com filme de PVC 60 μm foi mais elevada, atingindo o dobro das concentrações presentes nas outras duas embalagens, que não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 2 Embalagens e teor médio de CO₂ dos frutos armazenados em cada uma delas

Embalagem	Médias	
Tampa PET	0,63	b
PVC 20µm	0,61	b
PVC 60µm	1,22	a

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Avaliando-se em relação ao tempo de armazenamento, verifica-se que o CO₂ aumentou ao longo do armazenamento até o 15º dia, com posterior queda no 20º dia (Gráfico 1).

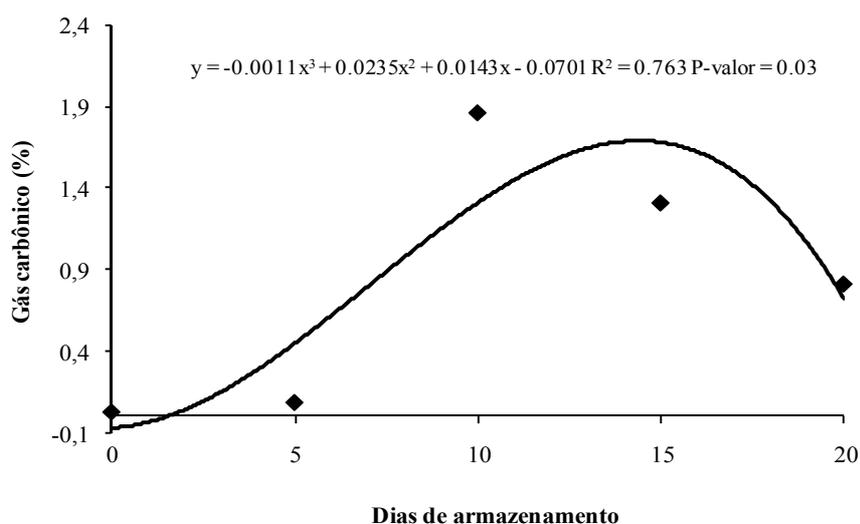


Gráfico 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da porcentagem de CO₂ em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, 12°C

Pelos dados, pode-se inferir que, possivelmente, as embalagens de polietileno com tampa do mesmo polímero e polietileno revestida com filme PVC 20µm testadas neste trabalho, criaram uma mínima modificação

atmosférica no seu interior ao longo do armazenamento. Somente foi possível perceber uma real modificação atmosférica em frutos embalados com filme PVC 60 μm .

O filme PVC 60 μm , certamente, possui uma maior barreira ao O_2 e CO_2 , comparado às outras embalagens estudadas, ocorrendo, assim, um maior acúmulo de CO_2 dentro da embalagem.

A modificação da atmosfera consiste no acondicionamento do produto em uma embalagem selada e semipermeável a gases, a fim de reduzir a concentração de O_2 e aumentar a de CO_2 . O propósito é o de criar concentração de gases no interior da embalagem, na qual a atividade respiratória do produto seja mínima e o produto não sofra injúrias, devido aos níveis de oxigênio e dióxido de carbono (KADER, 2002).

A perda de massa foi influenciada pelo uso de diferentes embalagens e pelo tempo de armazenamento de forma isolada. Verificou-se, ao longo do armazenamento, um aumento da perda de massa das mangabas (Gráfico 2).

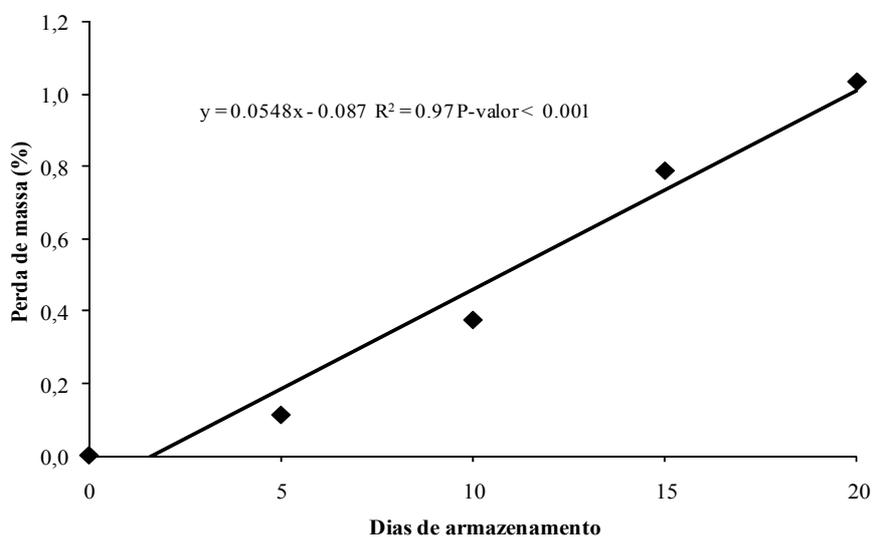


Gráfico 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da perda de massa em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

A embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero determinou a maior perda de massa, seguida da de PVC 60 µm e da de PVC 20 µm (Tabela 3).

Tabela 3 Embalagem e teor médio da perda de massa dos frutos armazenados em cada uma delas

Embalagem	Médias
Tampa PET	0.54 a
PVC 20µm	0.32 c
PVC 60µm	0.53 b

As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

A perda de massa excessiva é um dos principais fatores relacionados com a perda da qualidade comercial de frutos e hortaliças (MEDINA, 1984).

Mesmo havendo perda de massa nas três embalagens estudadas, verifica-se que a atmosfera modificada contribui para evitar a perda de massa excessiva dos frutos, os quais apresentaram, ao final do período de armazenamento, em média, pouco mais de 1% de redução de sua massa.

Segundo Vicentini, Castro e Cereda (1999), a perda de pequenas quantidades de água por frutas e hortaliças é tolerável, mas aquelas que resultam em murchamento, ou enrugamento, devem ser controladas. Para Barros, Goes e Minami (1994), o murchamento pode ser minimizado pela redução da taxa de transpiração, que pode ser diminuída pelo aumento da umidade relativa e a diminuição da temperatura ambiente.

Nos parâmetros relativos à coloração da mangaba, pode-se verificar que L^* , a^* e b^* foram influenciados, isoladamente, apenas pelo fator tempo de armazenamento. Durante o armazenamento, a despeito do tipo de embalagem, observou um decréscimo acentuado da variável L^* (Gráfico 3), um aumento nos valores de a^* (Gráfico 4) e um declínio nos valores de b^* (Gráfico 5).

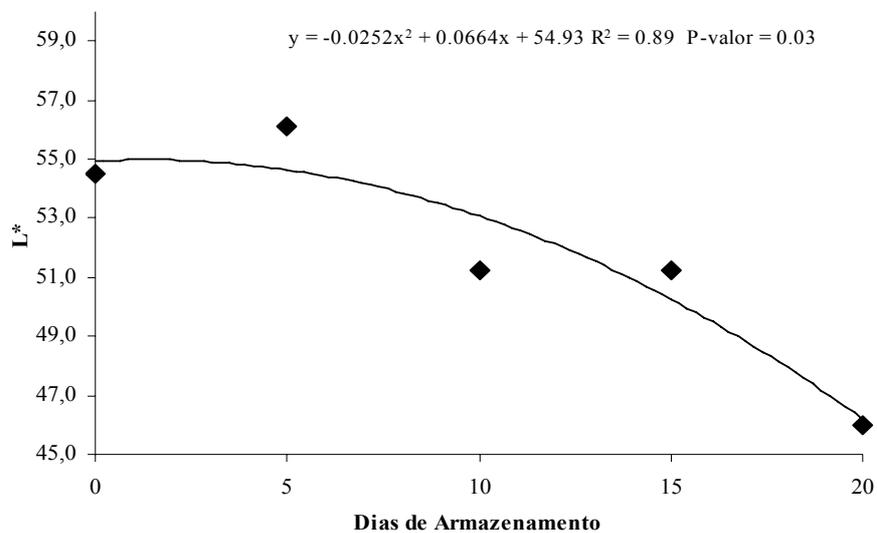


Gráfico 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável L* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

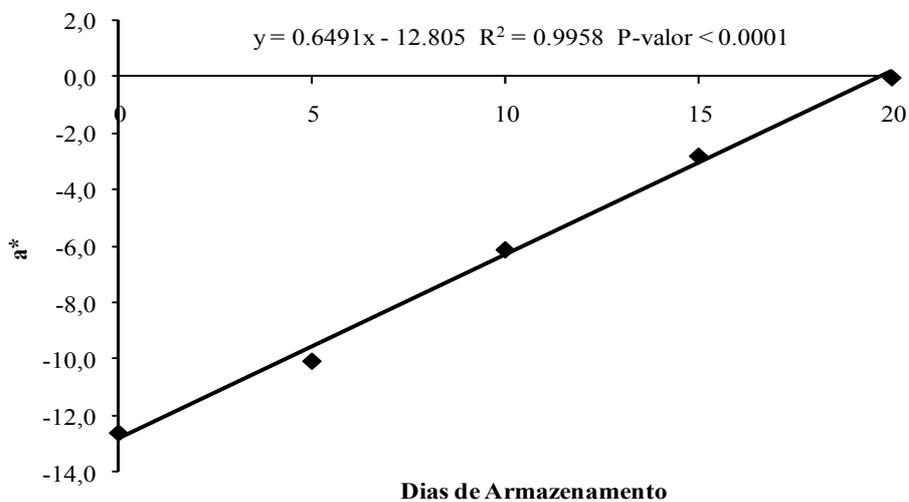


Gráfico 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável a* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

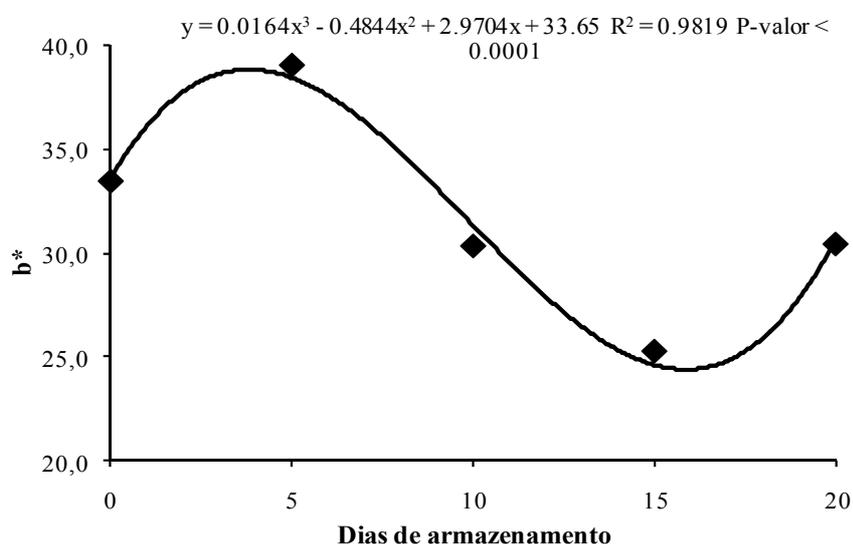


Gráfico 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável b* em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

A variável L* representa o coeficiente de claridade em uma escala que vai de 0 a 100, em que 0 representa a cor preta e 100, a cor branca. Pelos resultados obtidos verifica-se que os valores de L* diminuíram ao longo do período de armazenamento. Essa diminuição nos valores de L* deve-se, possivelmente, ao ligeiro escurecimento sofrido pelas mangabas durante a sua conservação.

O escurecimento verificado em tecidos vegetais pode ser ocasionado tanto por processos não enzimáticos, os quais podem estar relacionados com a degradação da vitamina C, quanto por processos enzimáticos que ocorrem por meio de reações oxidativas catalisadas por fenolases, como, por exemplo, a polifenoloxidação (MATTOS et al., 2007).

As coordenadas “a” e “b” estão mais relacionadas à tonalidade. O valor de “a”, ao assumir valores negativos, indica a coloração esverdeada e, quando

positivo, a coloração vermelho-púrpura, enquanto o valor de “b”, quando negativo, indica cor azul e positivo, cor amarela.

Em relação à mangaba, a variável a^* é a mais importante, pois ela expressará a coloração verde característica do fruto. Um aumento dos valores de a^* observado pelos resultados indica uma diminuição da coloração verde, aspecto este considerado normal visto que, como os frutos foram coletados “de vez”, no início do armazenamento, estes possuíam uma coloração verde predominante; porém, com o decorrer do amadurecimento da mangaba, é comum ocorrer surgimento de pequenos pontos de coloração avermelhada, fazendo com que os valores de a^* se elevem.

O aumento no valor a^* pode ser decorrente de mudanças em dois pigmentos: decréscimo na clorofila e aumento nas antocianinas ou carotenoides.

Moura (2005), avaliando os parâmetros de coloração para a mangaba submetida em atmosfera modificada e atmosfera ambiente, verificou que o valor de a^* aumentou linearmente durante o armazenamento de mangabas sob atmosfera modificada, ou seja, a intensidade da cor verde ($- a^*$) de mangabas diminui, dando lugar ao surgimento da pigmentação característica. Este resultado é semelhante ao encontrado neste trabalho.

Com relação aos valores de b^* , verifica-se que estes aumentaram nos primeiros cinco dias de armazenamento, declinando a partir daí, até o décimo quinto dia de análise e, posteriormente, apresentou uma tendência à elevação.

Santos et al. (2009), avaliando a coloração de mangabas durante o armazenamento, observaram que os frutos submetidos à atmosfera ambiente, apresentaram evolução mais rápida da coloração (amarelo-escuro para vermelho), o que também ilustra a capacidade da atmosfera modificada em retardar as modificações na pigmentação da mangaba.

Os valores de sólidos solúveis variaram significativamente apenas em função do tempo de armazenamento; já os açúcares solúveis totais foram

influenciados interativamente pelo tempo de armazenamento e o tipo de embalagem. O amido, por sua vez, também foi influenciado apenas pelos dias de armazenamento.

Avaliando-se os resultados, constata-se que o comportamento geral dos açúcares solúveis totais e dos sólidos solúveis neste trabalho foi semelhante, o que reafirma a relação que existe entre eles. Ocorreu um aumento das duas variáveis nos cinco primeiros dias de armazenamento, seguido de estabilização, fato este que pode ser explicado pelo amadurecimento do fruto (Gráfico 6 e 7).

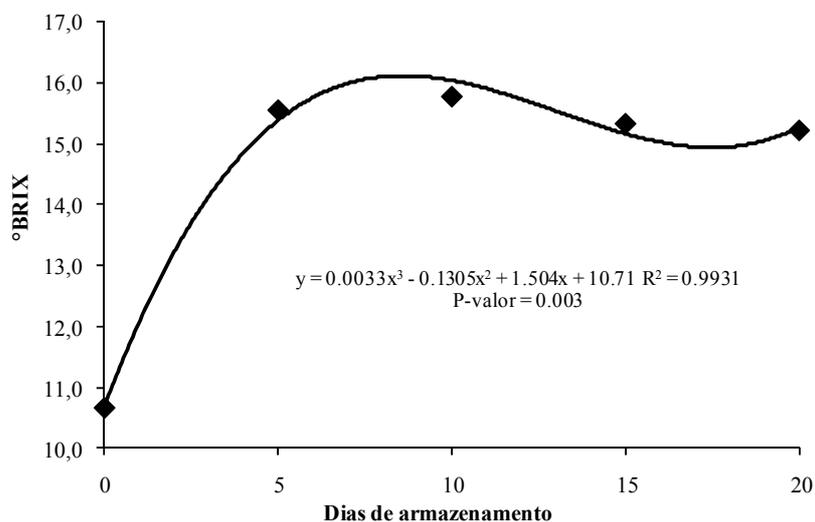


Gráfico 6 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos sólidos solúveis em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

Ao final do armazenamento, frutos acondicionados na embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero apresentaram os mais elevados teores de açúcares.

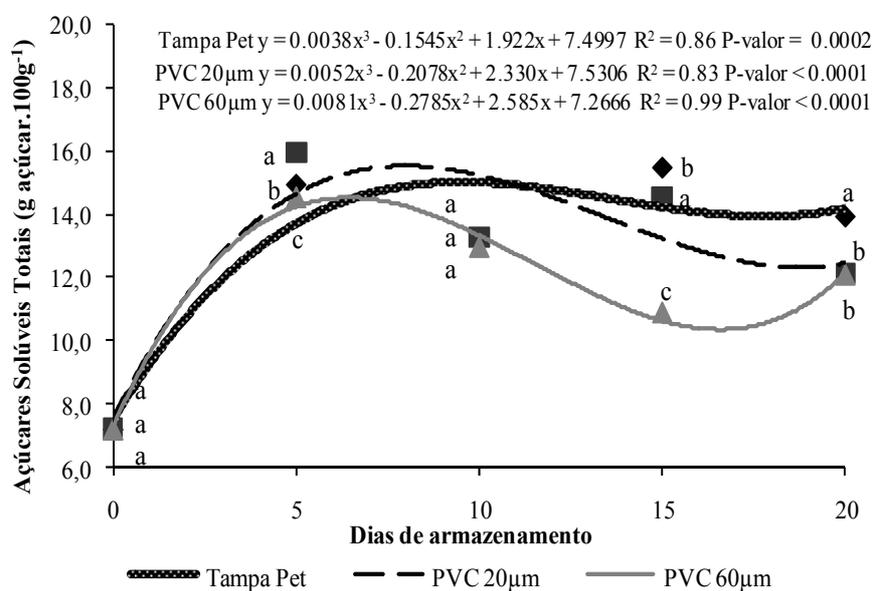


Gráfico 7 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos açúcares solúveis totais em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Aliado a isso, também se observam uma redução gradual da porcentagem de amido no início do armazenamento e uma tendência à estabilização a partir daí, nas três embalagens estudadas, tendo os frutos acondicionados na embalagem de polietileno revestida com filme PVC 60 µm apresentado os maiores valores para esta variável (Gráfico 8).

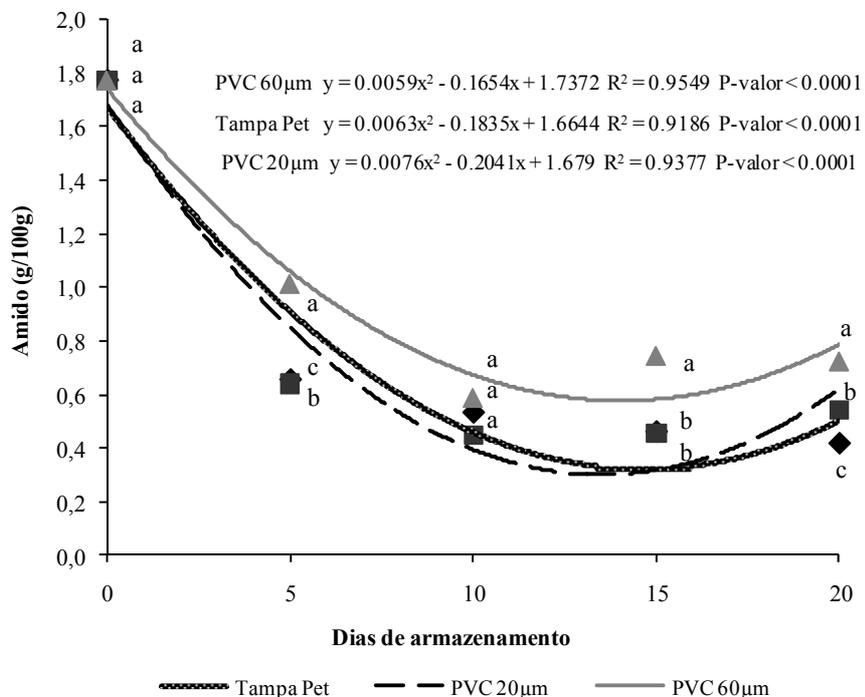


Gráfico 8 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável amido em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Como os frutos foram coletados no estágio dito “de vez”, era de se esperar que os açúcares, conseqüentemente os sólidos solúveis, aumentassem ao longo do armazenamento, e o teor de amido diminuísse, devido ao amadurecimento normal dos frutos acontecidos neste período. Moura (2005) verificou que mangabas sob atmosfera modificada tiveram a percentagem de açúcares aumentada até o sexto dia de armazenamento. Depois, esta percentagem decaiu e o amido declinou acentuadamente, durante 12 dias de armazenamento, se extinguindo por completo ao final destes dias. Esse comportamento é semelhante ao verificado neste estudo.

Durante a maturação de frutos climatéricos, o teor de sólidos solúveis totais tende a aumentar devido à biossíntese de açúcares solúveis ou à degradação de polissacarídeos (principalmente amido). À medida que a maturação avança, os ácidos também podem ser convertidos em açúcares, elevando, assim, o teor de sólidos solúveis (KAYS, 1997).

O amido é o principal material de reserva energética dos vegetais. A principal transformação quantitativa que ocorre na maturação dos frutos é a decomposição de carboidratos, notadamente a conversão de amido em açúcares solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez foi influenciada interativamente pelo armazenamento e a embalagem e o pH foi influenciado apenas pelo armazenamento. Independente da embalagem, verifica-se um comportamento semelhante, ou seja, elevação da acidez e decréscimo do pH até o quinto dia de armazenamento e, depois, decaída da acidez e elevação do pH a partir daí. Estes resultados evidenciam a relação que existe entre estas variáveis (Gráficos 9 e 10).

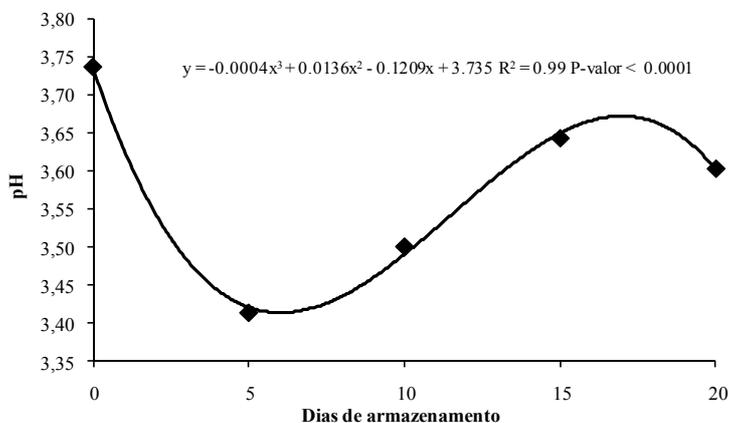


Gráfico 9 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável pH em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

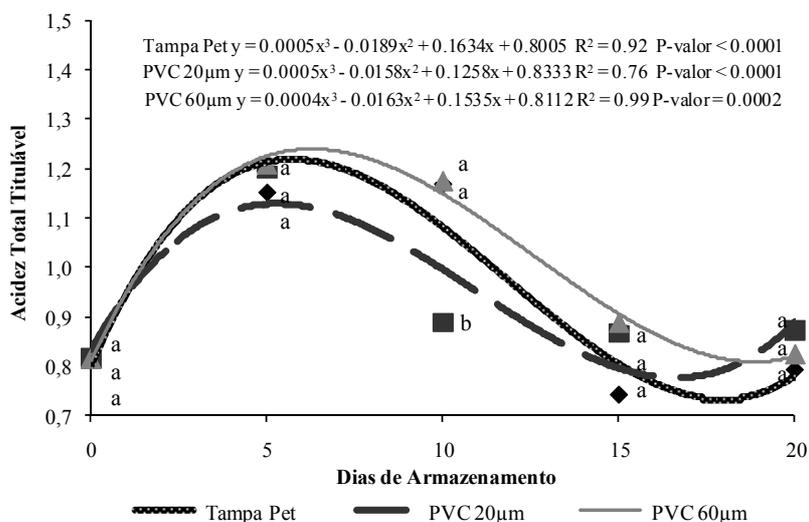


Gráfico 10 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da variável acidez total titulável em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

A maioria dos frutos apresenta decréscimo nos níveis de acidez, com a evolução do amadurecimento. A elevação da acidez, observada durante o período de armazenamento de mangabas, pode ocorrer devido à produção de substrato respiratório (SOARES JÚNIOR et al., 2008). A acidez total titulável também pode ser aumentada graças à hidrólise da pectina, que origina ácido poligalacturônico que pode acidificar o meio. Já uma redução da acidez nos tempos finais de armazenamento pode ser explicada pela utilização excessiva dos ácidos no processo respiratório.

À medida que o fruto amadurece, ocorre uma sequência de transformações, tais como elevação da taxa respiratória, síntese de etileno, modificações na pigmentação, modificações na textura, modificações no sabor pela interconversão de açúcares, síntese ou degradação de ácidos orgânicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nesse período, normalmente, os ácidos orgânicos são usados como fonte de energia. Assim, o pH diminui e, conseqüentemente, a acidez titulável aumenta.

Soares Júnior et al. (2008) obtiveram valores para a acidez titulável e pH das mangabas "de vez", durante o armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada, variando entre 0,38% a 0,78% e 4,89 a 3,83, respectivamente. Estes valores são diferentes dos encontrados neste estudo (0,80% a 1,2% de acidez e 3,75 a 3,42 para pH).

Com relação à variável firmeza, verifica-se que esta foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento, não tendo sido verificada diferença estatística significativa entre as diferentes embalagens utilizadas. A firmeza das mangabas reduziu progressivamente ao longo de todo o armazenamento (Gráfico 11).

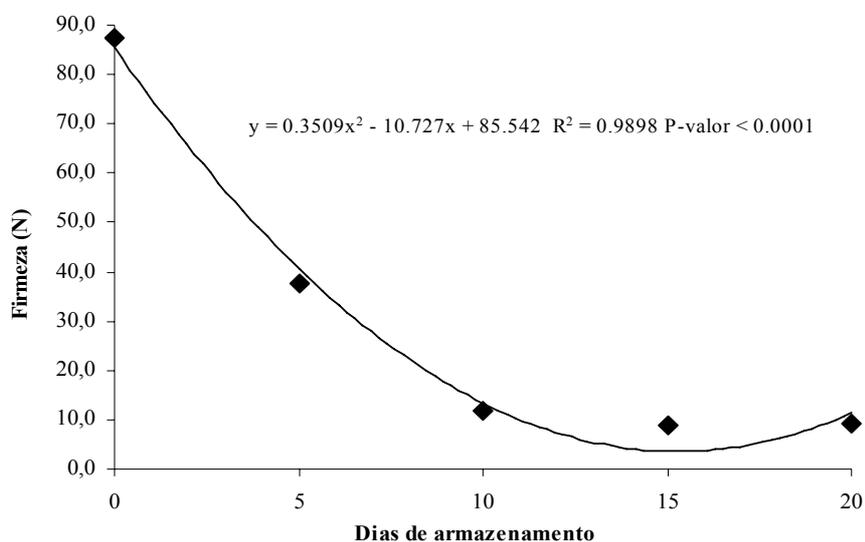


Gráfico 11 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da firmeza de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

Santos et al. (2009), avaliando a firmeza de mangabas durante o armazenamento, verificaram que os frutos, independente do tipo de embalagem utilizada e do estágio de maturação em que se encontravam, tiveram redução da firmeza, sendo esta redução menor em mangabas sob atmosfera ambiente.

Com relação às variáveis pectina solúvel, pectina total e poligalacturonase, estas foram afetadas interativamente pelo tempo de armazenamento e o tipo de embalagem. Neste trabalho, não foi encontrada atividade da enzima pectinametilesterase pela metodologia utilizada.

Nota-se que, ao longo do armazenamento, os teores de pectina solúvel (Gráfico 12) e atividade de poligalacturonase (PG) (Gráfico 13A) tenderam à elevação e os teores de pectina total tenderam à queda (Gráfico 13B).

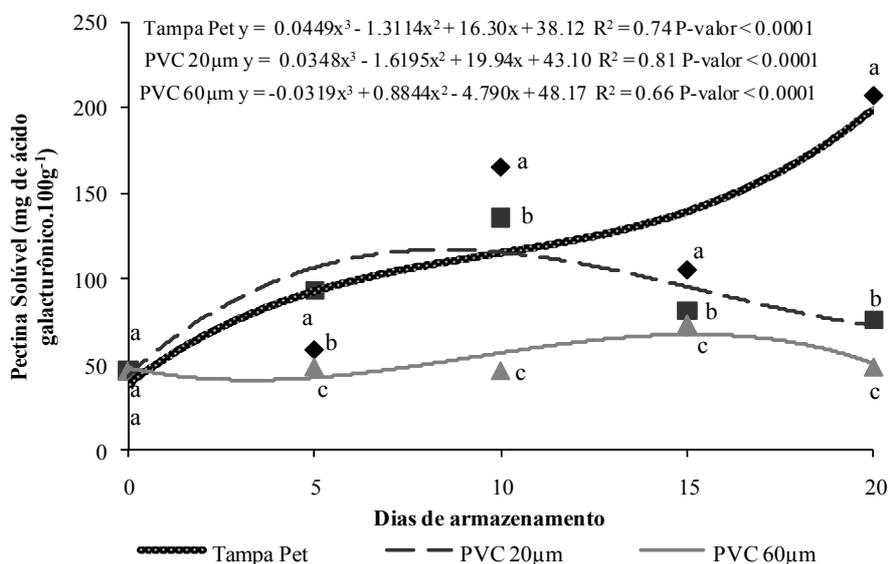


Gráfico 12 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da pectina solúvel de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

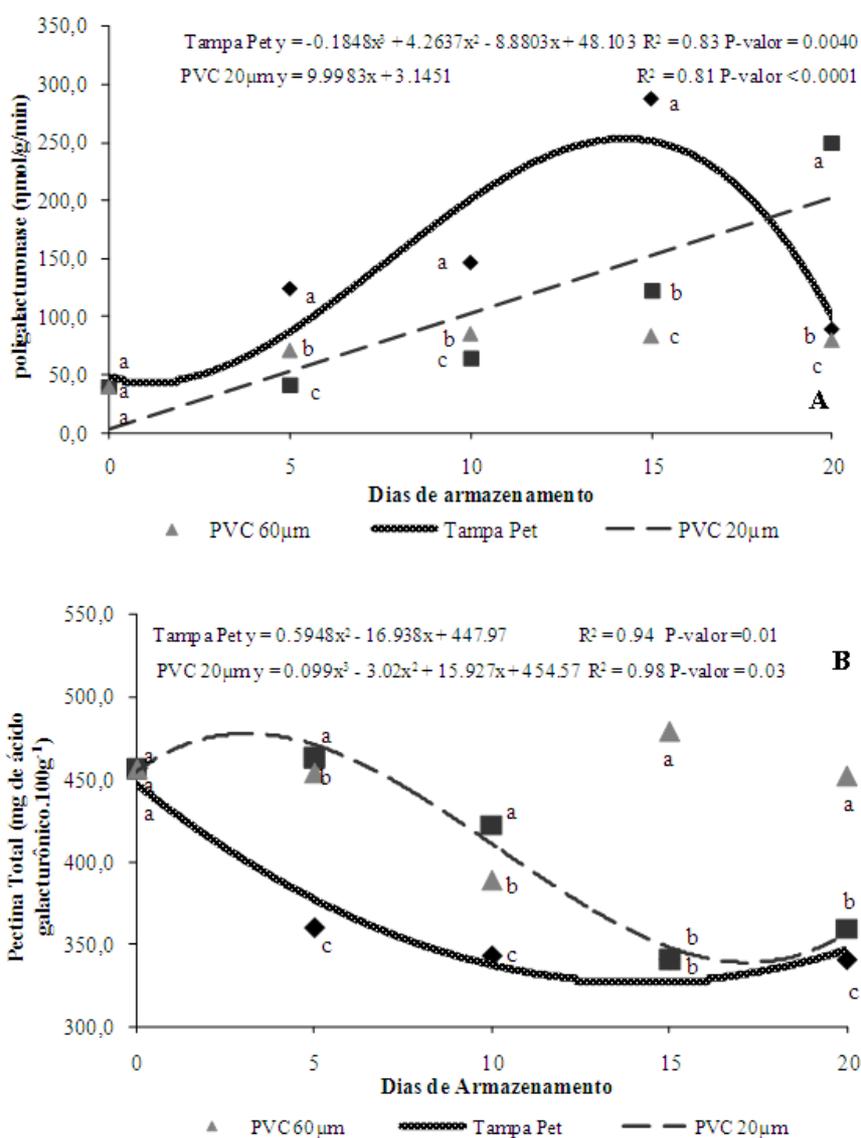


Gráfico 13 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da poligalacturonase (A) e pectina total (B) de mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C. As médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Mangabas armazenadas em embalagem revestida com filme PVC 60 μm não apresentaram diferenciação estatística para as variáveis pectina total e atividade de poligalacturonase, ao longo do armazenamento. Dessa forma, nos gráficos destas variáveis, foram apresentados somente os dados observados para estas embalagens, não havendo curva de regressão.

Verifica-se que a embalagem com filme PVC 60 μm apresentou menor solubilização péctica (Gráfico 12), bem como menor atividade de PG (Gráfico 13 A); ao contrário da embalagem com tampa PET que, em geral, apresentou maior solubilização péctica (Gráfico 12) e, conseqüentemente, maior atividade de PG (Gráfico 13A). A atividade de PG e um aumento nos teores de pectina solúvel estão intimamente relacionados com a diminuição da firmeza da mangaba.

As substâncias pécticas constituem um grupo heterogêneo de polissacarídeos, contendo, caracteristicamente, açúcares ácidos, como ácido galacturônico e açúcares neutros, tais como ramnose, galactose e arabinose (TAIZ; ZIGER, 2009). As pectinas estão sujeitas a modificações que podem alterar a sua solubilidade e interferir na firmeza de frutos.

Em frutos, o amaciamento dos tecidos é um dos primeiros sinais de amadurecimento, estando relacionado com mudanças na estrutura e no metabolismo do produto. Usualmente, ocorre modificação no grau de contato entre as células, devido à degradação e à solubilização das pectinas e a modificações na estrutura das paredes celulares, decorrentes da ação de diversas enzimas. Dessa forma, com a evolução da maturação, há decomposição das macromoléculas como protopectinas, celulose, hemicelulose e amido, amaciando as paredes celulares pela diminuição da força coesiva que mantém as células unidas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras glucanidrolases das paredes celulares, atacam os carboidratos

estruturais e são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza dos tecidos vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A pectinametilesterase atua removendo grupos metoxílicos (OCH_3) das substâncias pécticas, reduzindo o seu grau de metoxilação, liberando metanol e íons hidrogênio. Já a poligalacturonase atua de forma aleatória sobre as ligações glicosídicas, liberando resíduos de ácido galcturônico (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A conversão de amido em açúcares, e vice-versa, também influencia as modificações texturais de vegetais. Em alguns frutos, o amaciamento é mediado principalmente pela hidrólise de amido (VILAS BOAS, 2006). Mesmo havendo queda da porcentagem de amido (Gráfico 6) ao longo do armazenamento, esta não pode ser associada para explicar o amaciamento da mangaba, dada a pequena quantidade de amido encontrada no fruto.

Por não ser encontrada atividade da enzima PME e embora a PG e a solubilização péctica tenham assumido importância no amaciamento da mangaba durante o seu armazenamento, sugere-se a ação de outras enzimas de parede celular no processo de amaciamento, bem como a ação de outros fatores.

4 CONCLUSÕES

A embalagem de polietileno revestida com filme de policloreto de vinila 60 μm determina menores oscilações ao longo do tempo, principalmente no que diz respeito à menor solubilização de substâncias pécticas e diminuição da conversão de amido em açúcares, ou seja, retarda as modificações naturais que acontecem no fruto, proporcionando melhor conservação.

A embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero promove uma mínima modificação na atmosfera ao redor do produto, determinando as maiores oscilações ao longo do tempo, dificultando a conservação do fruto neste tipo de embalagem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultura Chemists**. Washington, 1998. 1094 p.

BARROS, D. I. et al. Métodos de extração de sementes de mangaba visando à qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 25-27, abr. 2006.

BARROS, J. C. S. M.; GOES, A.; MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 363-368, 1994.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method of quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness um peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

CARNELOSSI, M. A. G. et al. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, set./out. 2004.

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

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 266 p.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. In: _____. **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: CRC, 2002. p. 135-144.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Exon, 1997. 531 p.

MATTOS, L. M. et al. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 504-508, out./dez. 2007.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, New York, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MEDINA, P. V. L. Manejo pós-colheita de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 72-76, maio 1984.

MOURA, F. T. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2005. 159 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 15, n. 1, p. 375-380, 1944.

SANTOS, A. F. dos et al. Conservação pós-colheita de mangaba em função da maturação, atmosfera e temperatura de armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 85-91, jan./mar. 2009.

SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Conservação pós-colheita de mangaba sob refrigeração e modificação da atmosfera de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 78-86, jun. 2008.

SOUSA, C. S. et al. Mangaba: perspectivas e potencialidades. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 29-31, set. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M. R.; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 127-130, jan./fev. 1999.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 2006. 68 p.

VILAS BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana Prata gama irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 559-697, set. 1996.

YEMM, E.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrona. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO 5

Perfil volátil e atividade antioxidante *in vitro* da mangaba armazenada em diferentes embalagens

RESUMO

Objetivou-se avaliar o perfil volátil e a atividade antioxidante da mangaba armazenada sob diferentes embalagens. Para tanto frutos verde maduros foram acondicionados em três diferentes embalagens: embalagem de polietileno (PET) com tampa rígida encaixável do mesmo polímero; embalagem PET revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC) com espessura de 20 μm e embalagem PET revestida manualmente com filme PVC com espessura de 60 μm . Os frutos foram armazenados durante 20 dias à temperatura de $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% de UR, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias a saber: perfil de voláteis pela técnica de microextração em fase sólida (SPME), usando Cromatografia Gasosa/Espectrometria de massa, atividade antioxidante pelo método de sequestro de radical livre pelo DPPH^{*}, compostos fenólicos por Folin Ciocalteu e vitamina C por método colorimétrico. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos em fatorial 3x5, com três repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por três frutos. Os dados da composição dos voláteis foram submetidos à Análise de Componente Principal (PCA), já para as demais variáveis os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se software R, em que usou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativo, a comparação de médias para as embalagens foi realizada por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e para dias foi realizada, análise de regressão. Durante o armazenamento da mangaba, foram encontrados alcoóis (28,57%), aldeídos (25,71%), terpenos (25,71%), cetonas (2,85%), ésteres (5,71%) e outros hidrocarbonetos (11,42%). A mangaba apresentou alta atividade antioxidante, bem como uma elevada quantidade de compostos fenólicos e vitamina C. Tanto a atividade antioxidante quanto o nível de compostos fenólicos e o teor de vitamina C reduziram progressivamente ao longo do armazenamento, independente da embalagem utilizada.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa*. Capacidade antioxidante. Constituintes voláteis. Conservação pós-colheita.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the volatile profile and the antioxidant activity of the mangaba fruit stored under different packaging. For such, mature green fruits were conditioned in three different packages: polyethylene (PET) packaging with rigid snap-on cover of the same polymer; PET packaging manually covered with polyvinyl chloride (PVC) film with a thickness of 20 μm and PET packaging covered manually with 60 μm thick PVC film. The fruits were stored for 20 days at $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ and 90% RH, evaluations conducted every 5 days to measure: volatile profile by the solid phase microextraction technique (SPME), using Gas Chromatography/Mass Spectrometry, antioxidant activity by the DPPH• free radical sequestration method, phenolic compounds by Folin Ciocalteu and vitamin C using the colorimetric method. The work was conducted in completely random design (CRD). The treatments were arranged in 3x5 factorial, with three repetitions, and each experimental unit was made up of three fruits. Data of the volatile composition was submitted to Principal Component Analysis (PCA) and the results related to the other variables were submitted to statistical analyses using the R software, in which variance analysis was used through the F test, to verify the difference among the treatments. When significant, the comparison of means for the packaging was conducted through the Scott-Knott test to 5% of probability, and for days regression analysis was conducted. During the mangaba fruit storage, alcohols (28.57%), aldehydes (25.71%), terpenes (25.71%), ketones (2.85%), esters (5.71%) and other hydrocarbons (11.42%) were found. The mangaba fruit presented high antioxidant activity, as well as a high amount of phenolic compounds and vitamin C. The antioxidant activity as well as the level of phenolic compounds and vitamin C content reduced progressively during storage, independent of the packaging used.

Keywords: *Hancornia speciosa*. Antioxidant capacity. Volatile compounds. Postharvest preservation.

1 INTRODUÇÃO

A *Hancornia speciosa*, popularmente conhecida como mangaba, apresenta polpa, branca, saborosa, agridoce e extremamente aromática, e, graças aos excelentes sabor e aroma, quando madura, pode ser consumida *in natura* ou sob a forma de muitos derivados, tais como sucos, polpas, sorvetes e doces, dentre outros (BORGES; FILGUEIRAS; MOURA, 2000).

O interesse em pesquisar o sabor e o aroma em diferentes alimentos tem aumentado, principalmente por estar relacionado com a qualidade dos produtos. No caso dos frutos, o aroma é uma das características mais apreciadas (IBÁÑEZ et al., 1998).

Os compostos voláteis que formam o sabor característico dos frutos são produzidos por meio de rotas metabólicas diversas durante a maturação, na pré e na pós-colheita e o armazenamento e dependem de muitos fatores, como a espécie, a variedade e o tipo de tratamento tecnológico utilizado (RIZZOLLO; POLESELLO; POLESELLO, 1992). Assim, é importante conhecer o perfil volátil dos produtos frescos, pois tal conhecimento torna possível identificar as alterações desses compostos, produzidos durante o armazenamento (SHAMAILA, et al., 1992).

Outra característica que têm despertado o interesse de estudiosos diz respeito à atividade antioxidante presente nos alimentos. A utilização de compostos antioxidantes encontrados na dieta é um dos mecanismos de defesa contra os radicais livres, bem como das doenças que a eles possam estar associadas, tais como cardiopatias, aterosclerose, problemas pulmonares e processos de carcinogênese (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

Os antioxidantes são substâncias que, presentes em baixas concentrações, quando comparadas à do substrato oxidável, atrasam ou inibem a oxidação deste substrato de maneira eficaz (SIEZ; STAHL, 1995). A eficiência

antioxidante de compostos bioativos em alimentos de origem vegetal depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Por sua vez, a quantidade dessas substâncias em vegetais é amplamente influenciada por fatores genéticos, grau de maturação, condições ambientais, processamento, tempo de armazenamento e modo de acondicionamento, dentre outros (OLIVEIRA, et al, 2009).

O consumo de vegetais tem sido aumentado devido ao crescente reconhecimento de suas qualidades nutricionais e, notadamente, por serem fontes primárias destes compostos. Porém, o que se percebe é uma ampla variedade de espécies vegetais e poucos estudos, de fato, avaliando o potencial antioxidante destes frutos. Frutos nativos com sabores exóticos acabam por ser negligenciados, porém, têm revelado um enorme potencial a ser explorado, dada a presença de propriedades benéficas que estes apresentam.

Para favorecer o conhecimento sobre estes frutos, buscando atingir outros mercados por meio de sua comercialização, é necessário o desenvolvimento de técnicas adequadas de conservação, dada a grande perecibilidade que muitos deles apresentam. Dentre as técnicas utilizadas com este intuito se destaca o uso de atmosfera modificada.

O emprego de atmosfera modificada estabelece uma composição gasosa no interior da embalagem, diferente da do ar e, pela respiração do vegetal, ocorre uma redução da concentração de O_2 e elevação de CO_2 , fato este que pode reduzir a atividade metabólica do produto (KADER, 1986).

Assim, considerando-se o possível impacto do armazenamento e da utilização de diferentes embalagens sobre os componentes do aroma e da atividade antioxidante da mangaba e a carência de estudos sobre tal assunto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o perfil volátil e a atividade antioxidante da mangaba armazenada sob diferentes embalagens.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos e organização do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. Para tanto, foram utilizados frutos provenientes do município de Curvelo, MG, que apresenta vegetação típica do cerrado.

As mangabas foram colhidas em novembro, mês em que se concentra o ápice da produção da mangaba neste município. Foram selecionados os frutos verdes maduros, ou seja, totalmente desenvolvidos, colhidos diretamente da planta-mãe (apresentando coloração esverdeada para amarelada, sólidos solúveis de 10,5° Brix e firmeza de 80,5N).

Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas até o laboratório, sempre à temperatura ambiente. No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à aparência externa, ou seja, tamanho, casca íntegra, sem injúrias mecânicas, manchas e rachaduras.

Após a seleção, os frutos foram lavados com água corrente, a fim de retirar os resíduos provenientes do campo e, posteriormente, sanificados em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L⁻¹, por 10 minutos. Em seguida, os frutos foram colocados sobre a bancada revestida com papel filtro para a drenagem do excesso da solução sanificante.

Posteriormente, os frutos, três por embalagem, foram acondicionados em três diferentes embalagens para a modificação da atmosfera:

- a) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, com tampa rígida encaixável do mesmo polímero;

- b) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC) com espessura de 20 μm ;
- c) embalagem de polietileno (PET) (15 x 11 x 5 cm) marca Sanpack, revestida manualmente com filme de policloreto de vinila (PVC) com espessura de 60 μm .

Os frutos sob atmosfera modificada foram distribuídos aleatoriamente, à temperatura de refrigeração de $12^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% UR.

Os frutos foram armazenados durante 20 dias, sendo realizadas avaliações a cada 5 dias.

2.2 Análises

2.2.1 Compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química, no Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

A extração e a identificação dos compostos voláteis da mangaba foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa GC-2010 – Gás Chromatograph Shimadzu® e GCMS – QP2010 Plus – Gas Chromatograph Mass Spectrometer.

Preliminarmente às extrações, a fibra extratora foi condicionada, a 300°C , por 30 minutos, em cromatógrafo gasoso. Entre cada exposição das amostras, a fibra (PDMS/DVB) era limpa e condicionada à temperatura de 300°C , por 30 minutos, no mesmo cromatógrafo.

Quatro gramas de fruto congelado foram transferidos para um frasco, próprio para retenção de volátil e levado para agitação velocidade constante de 50 rpm e aquecimento, a 100°C, por 15 minutos. O procedimento de extração envolveu a exposição da fibra de polydimethylsiloxiane/divinilbenzene (PDMS/DVB, 65 µm, Supelco) ao “headspace” de cada amostra em frascos fechados. Após esse tempo de agitação, aquecimento e exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, por 2 minutos, a 250°C.

Para identificação, utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida (Equity-5) de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DBS); temperatura do injetor de 220°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescidos 4°C a cada minuto, até atingir 200°C; gás de arraste hélio, com 1,82 mL.min⁻¹ fluxo na coluna; sem split com pressão inicial na coluna de 102,4 kPa.

As condições do espectrômetro de massas (EM) foram as seguintes: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1.000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmento/segundo e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da.

Cada componente foi identificado pela comparação de seu espectro de massas com espectros existentes na literatura (ADAMS, 1995), com base nos espectros avaliados pelo banco de dados (Wiley 8. LIB e FFNSC.1.2.lib). Visto que não foram utilizados padrões para a confirmação da identidade dos compostos, estes foram considerados como tentativamente identificados.

2.2.2 Atividade antioxidante total

Para a obtenção do extrato, foram pesados 5 g das amostras, às quais foram adicionadas 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo, que foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se a 14.000 rpm, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada.

A metodologia empregada na determinação da atividade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 μ M), proposta por Rufino et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo, calculando-se o percentual de sequestro do radical DPPH a partir do padrão.

Foram adicionados 0,5 mL de cada extrato das amostras ou do antioxidante padrão (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox), na concentração de 0,2 mg.mL⁻¹, a 3,9 mL de solução de DPPH. Para o controle, foram adicionados 0,5 mL de metanol, juntamente ao DPPH, no lugar do extrato. As leituras foram realizadas após 1 hora e 30 minutos, em espectrofotômetro, a 515 nm e os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\%SRL = (Ac - Am) \times 100 / Ac$$

em que

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

O 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox, que é um composto antioxidante análogo a vitamina E, porém, de natureza hidrofílica, foi utilizado como antioxidante de referência, na concentração de $0,2 \text{ mg.mL}^{-1}$, conforme proposto por Rufino et al. (2007).

2.2.3 Compostos fenólicos totais

Para a obtenção do extrato seguiu-se o mesmo procedimento utilizado para a atividade antioxidante. A determinação do teor de fenólicos totais foi feita pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Em resumo, 0,5 mL de extrato de cada amostra foram adicionados aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocalteu 10%. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mg EAG.100g^{-1})

2.2.4 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado, e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g^{-1} de polpa.

2.2.5 Análises estatísticas

Os resultados obtidos para vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante foram submetidos às análises estatísticas utilizando-se o software R, em que realizou-se análise de variância por meio do teste F, para verificar a diferença entre os tratamentos. Quando significativa, a comparação de médias para as embalagens foi realizada por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade e, para dias, fez-se análise de regressão. Quando encontrada diferença significativa na interação entre os fatores, fez-se o desdobramento dias dentro embalagem, fazendo-se a análise de regressão. Quando significativa, foi apresentada o desdobramento.

Os dados da composição dos voláteis obtidos por cromatografia foram submetidos à análise dos componentes principais (*principal component analysis*, ou PCA). Os dados foram pré-processados por autoescalamamento antes das análises por PCA. Os cálculos foram realizados no software MATLAB (Versão 7.5, 2007).

2.3 Delineamento experimental

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram dispostos por um fatorial 3x5, sendo constituído por 3 tratamentos (embalagem de polietileno com tampa do mesmo polímero, embalagem de polietileno revestida com filme PVC 20 μm , embalagem de polietileno revestida com filme PVC 60 μm) e cinco tempos de armazenamento (0, 5, 10, 15 e 20 dias), contendo três repetições. Cada unidade experimental foi constituída de três frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Compostos voláteis

Os compostos voláteis tentativamente identificados, com seus respectivos tempos de retenção médios e porcentagens das áreas relativas dos picos, na mangaba armazenada por 20 dias, em três embalagens, estão apresentados na Tabela 1.

A cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa por meio da técnica de microextração em fase sólida permitiu identificar tentativamente um total de 35 compostos, perfazendo, em média, 53,11% da área relativa total.

Dentre as classes de compostos químicos encontrados, os alcoóis (28,57%) apresentaram-se como a classe de maior representação, seguidos dos aldeídos e terpenos, ambos apresentando a mesma porcentagem (25,71%), outros hidrocarbonetos (11,42%), ésteres (5,71%) e cetonas (2,85%).

O aroma típico das frutas resulta da combinação de dezenas de substâncias voláteis de diversas classes químicas com diferentes propriedades físico-químicas (THOMAZINI; FRANCO, 2000), tais como ésteres, lactonas, alcoóis, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonetos e alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os únicos compostos que se apresentaram em todos os tempos de armazenamento e em todas as embalagens foram o dodecan-1-ol e o trans-hex-2-enal.

O dodecan-1-ol, em geral, se manteve com níveis constantes ao longo de todo o armazenamento, com um pequeno incremento no final do período experimental, para os frutos embalados em PVC 20 µm e com tampa PET.

Tabela 1 Constituintes voláteis, tempo de retenção médio (TRM) e porcentagem de áreas relativas dos componentes aromáticos da mangaba (*Hancornia speciosa*), em diferentes tempos de armazenamento e diferentes embalagens. Controle: dia inicial, antes de submeter ao acondicionamento/ PVC 1T1: 5 dias armazenada em PVC 20 µm/ PVC 2T1: 5 dias armazenada em PVC 60 µm/ PET T1: 5 dias armazenada em PET/ PVC 1T2: 10 dias armazenada em PVC 20 µm/ PVC 2T2: 10 dias armazenada em PVC 60 µm/ PET T2: 10 dias armazenada em PET/ PVC 1T3: 15 dias armazenada em PVC 20 µm/ PVC 2T3: 15 dias armazenada em PVC 60 µm/ PET T3: 15 dias armazenada em PET/ PVC 1T4: 20 dias armazenada em PVC 20 µm/ PVC 2T4: 20 dias armazenada em PVC 60 µm/ PET T4: 20 dias armazenada em PET

Constituintes*	TRM	Área do pico (%)												
		Controle	PVC 1 T1	PVC 2 T1	PET T1	PVC 1 T2	PVC 2 T2	PET T2	PVC 1 T3	PVC 2 T3	PET T3	PVC 1 T4	PVC 2 T4	PET T4
Alcoóis														
5-Metil hexan-2-ol	3,67	-	-	-	-	-	-	-	-	19,08	-	-	-	-
Propano-1,2-diol	5,34	-	-	-	-	-	-	-	-	0,76	-	-	1,38	-
Butano-2,3-diol	6,03	-	-	-	-	4,61	19,15	-	8,37	-	-	8,41	37,58	17,05
3-Metil-1-butanol	6,99	-	-	-	-	-	-	15,70	2,24	4,34	6,83	-	-	-
4-Penten-1-ol	7,27	-	6,20	-	-	-	-	6,98	-	-	-	-	-	-
3-Metil-2-buten-1-ol	8,60	-	-	-	-	-	-	2,96	-	-	-	-	-	-
Trans-Hex-3-en-1-ol	11,54	-	3,11	7,46	2,52	-	-	2,26	-	-	-	-	-	-
2,4-dimetil-heptan-1-ol	25,75	-	-	-	-	1,23	-	-	2,25	-	-	-	-	-
Dodecan-1-ol	25,90	1,35	2,16	3,90	2,07	2,01	4,02	2,63	4,20	2,56	2,37	6,21	1,27	3,94
1-undecanol	27,63	-	-	-	-	-	-	-	1,06	-	-	-	-	-
Terpenoides														
Trans- Linalool oxide	13,83	1,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalool	14,91	1,19	1,15	-	-	1,22	-	-	1,46	2,08	1,95	8,12	2,86	-
Tetrahidrolinalool	17,10	-	-	-	-	-	-	-	-	2,55	-	1,62	-	-
Alfa terpineol	18,18	1,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nerol	20,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,97	-	-
Farnesol	28,27	-	2,92	-	-	1,80	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpenos														
Alfa copaeno	24,51	1,61	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-Elemento	25,03	2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Z)-β-cariofileno	25,90	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 1, conclusão

Aldeídos														
Trans-hexa-2,4-dienal	8,03	2,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hex-2-enal	6,26	35,97	41,10	42,09	40,09	22,02	19,01	14,09	13,41	12,45	10,02	3,05	2,90	3,70
Benzenoacetaldeído	12,74										2,25	3,85		2,51
Nonanal	15,10	1,51	1,56	1,25	-	3,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Decanal	18,73	0,30	1,37	1,67	1,37	-	1,67	0,86	-	-	0,98	-	-	-
Trans-dec-2-enal	20,68	-	-	-	2,67	-	2,00	2,13	-	1,01	1,25	3,78	0,67	-
Trans-deca-2,4-dienal	21,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,98	1,55	1,27
Undecanal	24,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,24
Tetradecanal	34,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,63
Cetonas														
3-Hidroxi-2-butanona	5,30	-	-	-	-	2,35	-	-	3,01	-	-	-	3,76	-
Ésteres														
Salicilato de metila	18,28	-	-	-	5,98	2,53	-	4,26	4,50	1,10	5,08	0,82	0,85	0,89
Dodecanoato de metila	29,10	-	-	-	-	2,93	3,25	2,62	-	-	-	-	-	2,08
Outros														
hidrocarbonetos														
1,3,8-p-mentatriene	15,96	1,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetradecano	25,28	0,13	5,76	1,11	2,36	-	-	5,37	-	-	5,10	3,72	2,74	4,62
Pentadecano	28,40	-	-	-	1,96	1,58	3,20	3,85	4,22	0,92	3,89	-	1,46	-
4-Metil heptadecano	34,17	-	-	-	-	-	2,63	-	-	0,84	3,34	6,10	-	2,80

*tentativamente identificado por comparação dos seus espectros de massas com o banco de dados existente na literatura (Wiley 8.LIB e FNCS. 1.2 lib)

Os compostos voláteis trans-hex-2-enal e trans-hex-3-e-1-ol já foram descritos, por outros autores, como compostos responsáveis pelo sabor de produtos vegetais, contribuindo com notas verdes, “verde, mato, grama” (BALDWIN, 2002; GARRUTI et al., 2001). Este fato é concordante com os encontrados neste trabalho, visto que a porcentagem encontrada do trans-hex-2-enal diminuiu ao longo do tempo de armazenamento. Como os frutos foram colhidos no estágio tipo “de vez” e, possivelmente, amadureceram ao longo do armazenamento, era de se esperar que as porcentagens deste composto diminuíssem ao longo de sua conservação (Tabela 1).

Com relação aos aldeídos, alguns representantes dessa classe se concentraram no início do armazenamento, outros nos tempos intermediários e outros ao final.

Segundo Beaulieu (2006), em muitos frutos, os aldeídos são os compostos majoritários e altas concentrações desses compostos representam o sabor agradável. Pelos dados, verifica-se grande quantidade de aldeídos presentes na mangaba, ao longo de todo o armazenamento.

Alguns compostos, tais como trans-linalool oxide, alfa-terpineol, β -elemeno e (Z)- β -cariofileno, representantes da classe dos terpenos, apresentaram-se somente no dia inicial, antes de o fruto ser submetido ao armazenamento. Sampaio e Nogueira (2006), avaliando os compostos voláteis de mangaba em três diferentes estádios de maturação, verificaram maior presença de terpenos no estágio verde, seguido do estágio intermediário, e uma reduzida presença destes no estágio maduro. Isso concorda com os resultados deste trabalho, visto que os monoterpenos, em sua maioria, foram encontrados nos estádios iniciais do armazenamento, quando o fruto se encontrava no estágio verde.

De acordo com Dudavera, Pichersky e Gershenzon (2004), os terpenos, como a maior classe de metabólitos secundários, têm muitos representantes

voláteis. Os terpenoides voláteis (monoterpenos, alguns diterpenos e sesquiterpenos) apresentam alta pressão de vapor em condições atmosféricas normais, o que permite sua liberação significativa no ar.

A maioria dos compostos alcoóis encontrados no armazenamento da mangaba em diferentes embalagens apresentou-se nos tempos intermediários e finais do armazenamento. Alguns autores descrevem que a presença de alcoóis no aroma volátil de frutos se deve à formação de *off flavor* (SENESI et al., 2005). Assim, o aparecimento desses compostos concentrados nos tempos finais de armazenamento pode estar associado com a senescência do fruto.

Sampaio e Nogueira (2006), analisando o perfil volátil de frutos de mangaba em três estádios de maturação, pelo método da hidrodestilação, não identificaram mudanças significativas na composição química nos estádios. Constataram apenas uma pequena variação em abundância relativa dos compostos, observando, nos três estádios, a presença de ésteres, alcoóis, aldeídos, cetonas e terpenos.

A análise dos componentes principais (PCA) está demonstrado nos Gráficos 1 e 2. O Gráfico 1 mostra os escores, nos quais os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por explicar 83,07% da variabilidade total presente no conjunto de dados.

No Gráfico 1, pode-se observar a presença de quatro grupos de amostras distintos que se agruparam pela semelhança que existem entre elas: o primeiro deles formado por controle, PVC1T1, PETT1 e PVC2T1; o segundo formado por PETT2, PETT3 e PVC2T3; o terceiro pelo PVC2T2, PVC1T2, PVC1T3, PVC1T4 e PETT4, e o último representado pelo PVC2T4.

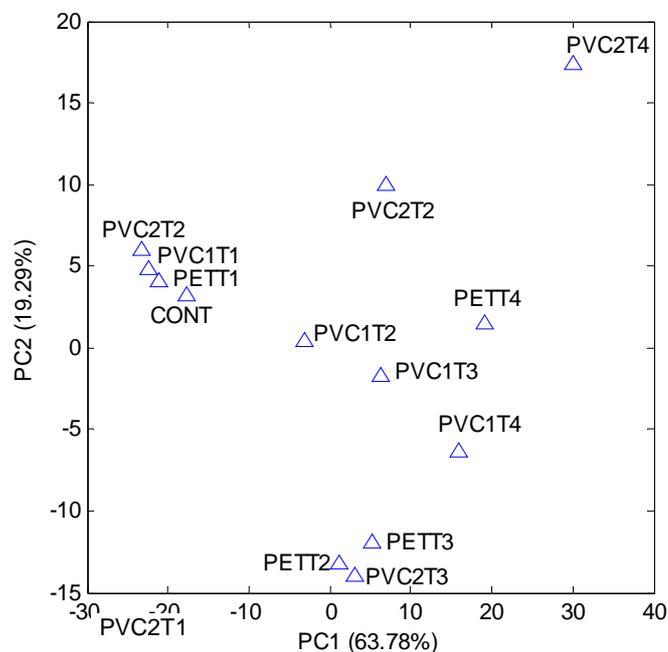


Gráfico 1 Análise de componentes principais PCA, em relação aos tempos de armazenamento e ao tipo de embalagem da mangaba. CONT: Dia inicial, antes de submeter ao acondicionamento/PVC 1T1: 5 dias armazenada em PVC 20 μm / PVC 2T1: 5 dias armazenada em PVC 60 μm / PET T1: 5 dias armazenada em PET/PVC 1T2: 10 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T2: 10 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T2: 10 dias armazenada em PET/PVC 1T3: 15 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T3: 15 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T3: 15 dias armazenada em PET/PVC 1T4: 20 dias armazenada em PVC 20 μm /PVC 2T4: 20 dias armazenada em PVC 60 μm /PET T4: 20 dias armazenada em PET.

No Gráfico 2, observa-se o gráfico de pesos que revela a relação entre as amostras pelos compostos voláteis identificados durante o armazenamento em diferentes embalagens.

A relação entre cada região mostra que o primeiro grupo apresenta em comum altas porcentagens de áreas relativas semelhantes do composto trans-hex-2-enal (representado pelo número 18). Pode-se verificar que o grupo é

formado por amostras dos tempos iniciais de armazenamento, quando estavam mais verdes. Era de se esperar, portanto, altas concentrações deste composto, visto que o trans-hex-2-enal, como mencionado anteriormente, fornece notas verdes ao produto.

O segundo grupo é semelhante devido às porcentagens que apresentam dois compostos, 5-metil-hexan-1-ol e 3-metil-1-butanol (representados pelos números 1 e 4).

O terceiro grupo apresenta como semelhança porcentagens de áreas relativas dos demais compostos (identificados pelos números 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19,... 35) e o quarto grupo apresenta como semelhança a elevada porcentagem do composto butano-2,3-diol (número 3).

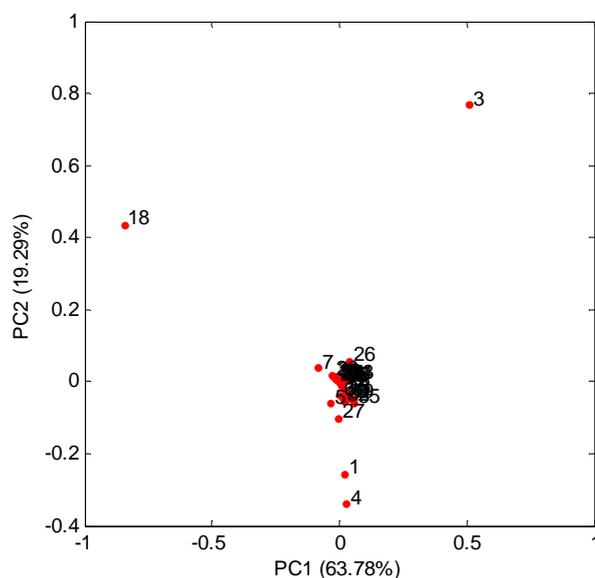


Gráfico 2 Análise de componentes principais PCA em relação aos tempos de armazenamento e tipo de embalagem da mangaba. (1) 5-Metil Hexan-1-ol; (2) Propano-1,2-diol; (3) Butano-2,3-diol; (4) 3-Metil-1-butanol; (5) 4-Penten-1-ol; (6) 3-Metil-2-buten-1-ol; (7) Trans-Hex-3-en-1-ol; (8) Trans- Linalool oxide; (9) Linalool; (10) Tetrahidrolinalool; (11) Alfa terpineol; (12) Nerol; (13) Dodecan-1-ol; (14) 2,4-dimetil-heptan-1-ol; (15) 1-undecanol; (16) Farnesol; (17) Trans-hexa-2,4-dienal; (18) Trans-Hexe-2-nal; (19) Benzaldeído; (20) Nonanal; (21) Decanal; (22) Trans-dec-2-enal; (23) Trans-deca-2,4-dienal; (24) Undecanal; (25) Tetradecanal; (26) 3-Hidroxi-2-butanona; (27) Salicilato de metila; (28) Dodecanoato de metila; (29) 1,3,8-p-menthatriene; (30) Alfa copaeno; (31) β -Elemeno; (32) Tetradecano; (33) (Z)- β -cariofileno; (34) Pentadecano; (35) 4-Metil heptadecano

3.2 Atividade antioxidante

A variável atividade antioxidante não foi influenciada interativamente pelos fatores atmosfera modificada e tempo de armazenamento; houve efeito isolado somente do fator tempo de armazenamento para esta variável. Assim, a

análise de regressão foi feita utilizando-se a média da atividade antioxidante dos frutos armazenados nas três embalagens, ao longo do período experimental (Gráfico 3).

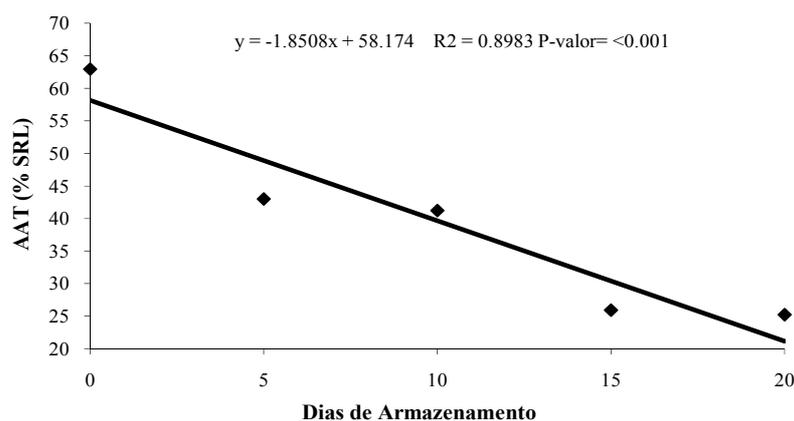


Gráfico 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da atividade antioxidante total (AAT) em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 μ m e PVC 60 μ m, por 20 dias, a 12°C

O 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico (Trolox), antioxidante sintético com alto grau de pureza, utilizado como antioxidante de referência, apresentou %SRL médio igual a 93,91%. Comparando a atividade antioxidante encontrada na mangaba com o Trolox, pode-se afirmar que a mangaba tem elevada capacidade antioxidante, principalmente nos tempos iniciais do armazenamento.

Independentemente da embalagem utilizada, foi observada uma tendência de redução na atividade antioxidante das mangabas no decorrer do armazenamento. Verifica-se que o percentual de sequestro de radical livre (%SRL) dos frutos diminuiu progressivamente ao longo do armazenamento, variando, em média, 62% no dia inicial a cerca de 25%, ao final do armazenamento (Gráfico 3).

Na literatura verifica-se que a atividade antioxidante da mangaba é alta, porém, apresenta grandes variações. Rufino et al. (2009), avaliando a atividade antioxidante de sete frutos, incluindo a mangaba, pelo método de sequestro de radical livre por DPPH, observou que a mangaba ocupou o terceiro lugar, apresentando menos atividade somente do que o caju-amarelo e a acerola. Já Rufino et al. (2010), comparando a capacidade antioxidante de 18 frutos, verificaram que a mangaba apresentou atividade antioxidante superior à de diversos frutos, tais como jabuticaba, jambolão, juçara, camu-camu, uvaia e, até mesmo, da acerola, conhecida pelo seu alto poder antioxidante.

Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de verificar o potencial antioxidante em frutos. Contudo, a falta de padronização das metodologias utilizadas na determinação da atividade antioxidante das frutas, bem como a apresentação e/ou expressão dos resultados, constitui um entrave na comparação dos resultados (RODRIGUES, 2010).

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes. Além disso, os componentes antioxidantes de um alimento podem interagir entre si, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (KUSKOSKI et al., 2005). Dentre os vários compostos com capacidade antioxidante do alimento, destacam-se os compostos fenólicos e a vitamina C.

Em se tratando da variável compostos fenólicos totais, verifica-se que não houve interação significativa entre os fatores embalagens e tempo de armazenamento, mas efeito isolado apenas do fator tempo de armazenamento. Verifica-se que os compostos fenólicos decresceram linearmente ao longo do período de conservação, apresentando valor inicial de 490 mg EAG.100 g⁻¹ e valor médio final de 350 mg EAG.100 g⁻¹ (Gráfico 4).

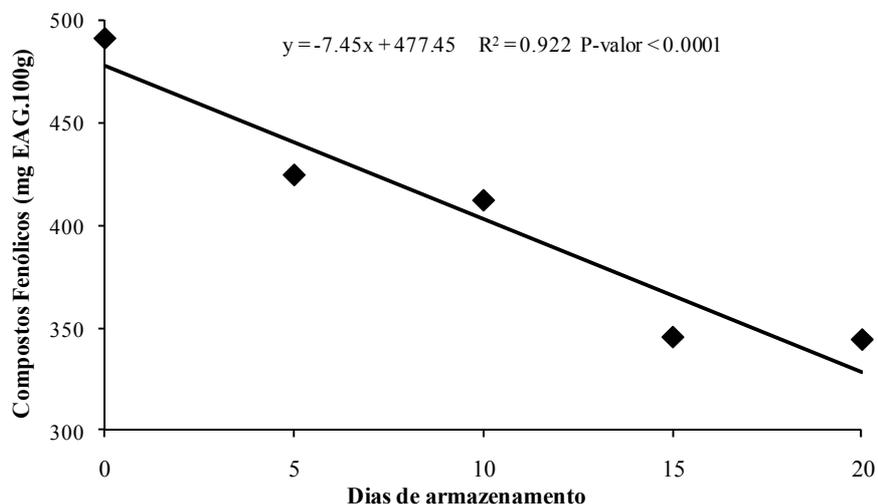


Gráfico 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos compostos fenólicos totais em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

Rufino et al. (2009), avaliando a quantidade de fenólicos totais presentes na mangaba, verificaram que o fruto é uma boa fonte destes compostos, apresentando cerca de 172 mg de ácido gálico . 100 g⁻¹ de fruto, valor inferior ao encontrado neste trabalho.

A composição de compostos fenólicos em frutas pode ser modificada pelo ambiente e fatores pós-colheita, incluindo armazenamento e processamento. O processamento e o armazenamento prolongados promovem oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução (KAUR; KAPOOR, 2001).

As transformações pós-colheita de frutos também podem ser acompanhadas pela avaliação do teor de fenólicos totais. São compostos que têm participação no “flavor”, na coloração, na vida de prateleira e na ação do produto como alimento funcional, notadamente como antioxidante. A concentração de fenólicos é correlacionada com a capacidade antioxidante,

podendo ser utilizada para o acompanhamento da perda de qualidade do produto na fase pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Neste trabalho verificou-se estreita relação entre a atividade antioxidante e a presença de compostos fenólicos, pois, à medida que se diminuiu a capacidade antioxidante da mangaba, diminuiu também a quantidade de compostos fenólicos.

Por fim, verifica-se que a variável vitamina C foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento (Gráfico 5).

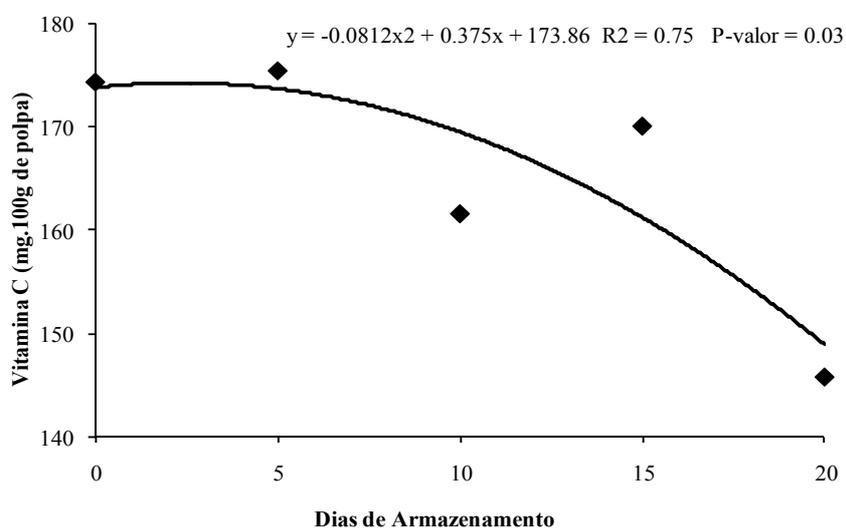


Gráfico 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da vitamina C em mangabas armazenadas em três embalagens: PET, PVC 20 µm e PVC 60 µm, por 20 dias, a 12°C

A variável vitamina C também declinou suas concentrações ao longo do tempo de armazenamento, variando de valores iniciais de cerca de 175 mg.100g⁻¹ de polpa e atingindo valores finais de 145 mg.100 g⁻¹ de polpa (Gráfico 5).

O teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e com o armazenamento de muitas hortícolas, devido à atuação direta da enzima ácido

ascórbico oxidase (ascorbinase) ou pela ação de enzimas oxidantes, como a peroxidase. Essa vitamina encontra-se em tecidos vegetais na forma reduzida, como ácido ascórbico (AA), ou na forma oxidada, como ácido deidroascórbico (DHA), ambos com atividade vitamínica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A mangaba possui um elevado teor de ácido ascórbico, o que a coloca entre as frutas consideradas ricas em vitamina C. Em estudos realizados na Embrapa Agroindústria Tropical, foi demonstrado que o teor de vitamina C alcançou 139 mg.100 g⁻¹ de polpa (MOURA et al., 2002) valor inferior ao encontrado neste trabalho, comparado ao percentual que se observava no dia inicial.

Souza et al. (2007), avaliando o teor de vitamina C de frutos de diferentes clones de mangabeiras, verificaram que o teor de vitamina C não diferiu estatisticamente entre três clones estudados (TOU 48, NIF 6 e IPJ 5), apresentando, em média, para os três clones, cerca de 173,33 mg.100 g⁻¹, valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Santos, Silva e Alves (2006), avaliando as transformações pós-colheita da pitanga, verificaram que o uso de atmosfera modificada no armazenamento notadamente manteve os teores de vitamina C mais elevados, quando comparados ao armazenamento em atmosfera ambiente.

O tratamento com atmosfera modificada promove redução da taxa metabólica dos frutos climatéricos, reduzindo, conseqüentemente, o consumo de O₂, reduzindo as reações oxidativas e resultando em menores perdas de ácido ascórbico (KADER, 1986).

4 CONCLUSÕES

Durante todo o armazenamento da mangaba, 35 compostos voláteis foram encontrados, sendo eles: alcoóis (28,57%), aldeídos (25,71%), terpenos (25,71%), cetonas (2,85%), ésteres (5,71%) e outros hidrocarbonetos (11,42%).

Os únicos compostos que se apresentaram em todos os tempos de armazenamento e em todas as embalagens foram dodecan-1-ol e trans-hex-2-enal.

A mangaba apresenta alta atividade antioxidante, bem como uma elevada quantidade de compostos fenólicos e vitamina C.

O armazenamento de mangaba é marcado pela redução da atividade antioxidante total, compostos fenólicos e vitamina C, variáveis não influenciadas pelas embalagens utilizadas.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. O. S. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured, 1995. 469 p.
- BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC, 2002. p. 89-106.
- BEAULIEU, J. Volatile changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cuts prepared from fruit harvested at various maturities. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 1, p. 127-139, Jan. 2006.
- BIACHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, maio/ago. 1999.
- BORGES, M. F.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). In: ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. (Ed.). **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. p. 44-45. (Série Frutas Tropicais).
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DUDAVERA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. **Plant Physiology**, Rockville, v. 135, n. 4, p. 1893-1902, Aug. 2004.
- GARRUTI, D. dos S. et al. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) CCP-76**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).
- IBÁÑEZ, E. et al. Analysis of volatile fruit components by headspeace solid-phase microextraction. **Food Chemistry**, London, v. 63, n. 2, p. 281-286, Feb. 1998.
- KADER, A. A. Biochemical and physiology basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, Sept. 1986.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic: the millennium's health. **International Journal of Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 7, p. 703-725, Oct. 2001.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

MOURA, C. F. H. et al. Quality of fruits native to latin america for processing: mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Acta Horticulturae**, Leuven. v. 2, n. 575, p.549-554, Apr. 2002.

OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, maio/jun. 2009.

RIZZOLO, A.; POLESELLO, A.; POLESELLO, S. Use of headspace capillary GC to study the development of volatile compounds in fresh fruits. **Journal of High Resolution Chromatography**, Weinheim, v. 15, n. 7, p. 472-477, July 1992.

RODRIGUES, J. L. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (*Selinecereus setaceus* Rizz) do cerrado brasileiro**. 2010. 164 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RUFINO, M. S. do M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 4, p. 996-1002, Aug. 2010.

_____. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 693-695, May 2009.

_____. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p.

SAMPAIO, T. S.; NOGUEIRA, P. C. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 4, p. 606-610, Apr. 2006.

SANTOS, A. F. dos; SILVA, S. de M.; ALVES, R. E.. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: transformações químicas em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 36-41, Abril 2006.

SENESI, E. et al. Influence of ripening on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (*Cucumis melo* L. var *reticulatus* Naud). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 8, p. 1241-1251, Feb. 2005.

SHAMAILA, M. et al. Analyses of volatile compounds from strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5, p. 1173-1176, Sept. 1992.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E na C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, Dec. 1995.

SOUZA, F. G. de et al. Qualidade pós-colheita de frutos de diferentes clones de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1449-1454, set./out. 2007.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade da Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11.1.1-11.1.8.

APÊNDICES

Tabela 1A Resumo das análises de variância para teor L* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	351,9	117,31	39,81	<0.0001*
Dias	4	535,5	133,87	45,43	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	206,0	22,89	7,77	<0.0001*
Resíduo	34	100,2	2,95		
Total	50	1193,6			

CV = 3.32%

Tabela 2A Resumo das análises de variância para teor L* da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	153,2	76,58	6,01	0.0076*
Dias	3	444,2	148,06	11,62	<0.0001*
Temperatura X Dias	6	129,5	21,59	1,69	0,1656
Resíduo	24	305,7	12,74		
Total	35	1032,6			

Tabela 3A Resumo das análises de variância para teor a* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	83,0	27,68	1,51	0,2290
Dias	4	514,5	128,62	7,03	0.0003*
Temperatura X Dias	9	109,8	12,20	0,67	0,7326
Resíduo	34	622,4	18,31		
Total	50	1329,8			

CV = 43.56 %

Tabela 4A Resumo das análises de variância para teor a* da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	11,8	5,90	0,44	0,6522
Dias	3	359,4	119,80	8,83	0.0004*
Temperatura X Dias	6	20,3	3,38	0,25	0,9550
Resíduo	24	325,6	13,57		
Total	35	717,1			

CV = 73.78 %

Tabela 5A Resumo das análises de variância para teor b* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	174,1	58,02	6,81	0,0010*
Dias	4	1044,2	261,05	30,64	0,0000*
Temperatura X Dias	9	472,6	52,51	6,16	0,0000*
Resíduo	34	289,7	8,52		
Total	50	1980,5			

CV = 8.66%

Tabela 6A Resumo das análises de variância para teor b* da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	73,3	36,66	2,77	0,0826
Dias	3	346,0	115,33	8,72	0.0004*
Temperatura X Dias	6	95,7	15,95	1,21	0,3373
Resíduo	24	317,5	13,23		
Total	35	832,5			

CV = 14.56 %

Tabela 7A Resumo das análises de variância para teor sólido solúveis da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	2,1	0,71	0,43	0,7299
Dias	4	141,8	35,46	21,85	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	13,5	1,51	0,93	0,5142
Residuo	34	55,2	1,62		
Total	50	212,6			

CV = 9.33%

Tabela 8A Resumo das análises de variância para teor açúcares solúveis totais da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	16,2	5,39	24,06	<0.0001*
Dias	4	226,6	56,66	252,91	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	118,0	13,11	58,51	<0.0001*
Residuo	34	7,6	0,22		
Total	50	368,4			

CV = 4.38 %

Tabela 9A Resumo das análises de variância para teor de sólidos solúveis da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	3,8	1,88	0,77	0,4761
Dias	3	9,2	3,08	1,25	0,3126
Temperatura X Dias	6	8,2	1,37	0,56	0,7588
Residuo	24	59,0	2,46		
Total	35	80,2			

CV = 11.19%

Tabela 10A Resumo das análises de variância para teor de açúcares solúveis totais da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	10,0	4,98	5,16	0.0137*
Dias	3	11,1	3,70	3,83	0.0225*
Temperatura X Dias	6	64,6	10,76	11,16	<0.0001*
Residuo	24	23,2	0,96		
Total	35	108,8			

CV = 7.82%

Tabela 11A Resumo das análises de variância para teor acidez titulável da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	0,1	0,02	3,13	0.0384*
Dias	4	1,3	0,33	55,14	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	0,1	0,01	1,94	0,0788
Residuo	34	0,2	0,01		
Total	50	1,7			

CV = 11.7%

Tabela 12A Resumo das análises de variância para teor de pH da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	0,0	0,01	1,11	0,3590
Dias	4	0,5	0,13	10,52	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	0,3	0,04	2,95	0.0106*
Residuo	34	0,4	0,01		
Total					

CV = 3.11%

Tabela 13A Resumo das análises de variância para teor de acidez titulável da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	0,2	0,11	3,72	0,0393*
Dias	3	0,1	0,04	1,30	0,2977
Temperatura X Dias	6	0,2	0,03	1,09	0,3985
Resíduo	24	0,7	0,03		
Total	35	1,2			

CV = 15.76%

Tabela 14A Resumo das análises de variância para teor de pH da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	0,06	0,03	2,07	0,1485
Dias	3	0,21	0,07	4,72	0,0100*
Temperatura X Dias	6	0,20	0,03	2,26	0,0723
Resíduo	24	0,35	0,01		
Total	35	0,82			

CV = 3.6%

Tabela 15A Resumo das análises de variância para firmeza mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	259,20	86,40	0,61	0,6109
Dias	4	12628,90	3157,22	22,43	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	1181,20	131,24	0,93	0,5104
Resíduo	34	4786,80	140,79		
Total	50	18856,10			

CV = 21.57 %

Tabela 16A Resumo das análises de variância para teor de pectina total da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	27718,0	9239,50	6,28	0.0017*
Dias	4	90901,0	22725,30	15,45	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	30629,0	3403,20	2,31	0.0375*
Resíduo	34	50023,0	1471,30		
Total	50	199271,0			

CV = 9.77%

Tabela 17A Resumo das análises de variância para teor de pectina solúvel da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	53687,0	17895,70	734,01	<0.0001*
Dias	4	15347,0	3836,80	157,37	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	53855,0	5983,90	245,43	<0.0001*
Resíduo	34	829,0	24,40		
Total	50	123718,0			

CV = 8.25%

Tabela 18A Resumo das análises de variância para teor de poligalacturonase da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	29933,0	9977,60	11,70	<0.0001*
Dias	4	34989,0	8747,20	10,26	<0.0001*
Temperatura X Dias	9	45484,0	5053,80	5,93	<0.0001*
Resíduo	34	28983,0	852,40		
Total	50	139389,0			

CV = 72.05%

Tabela 19A Resumo das análises de variância para firmeza da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	343,70	171,85	0,74	0,4868
Dias	3	864,80	288,25	1,24	0,3155
Temperatura X Dias	6	157,40	26,23	0,11	0,9940
Resíduo	24	5558,40	231,60		
Total	35	6924,30			

CV = 40.65 %

Tabela 20A Resumo das análises de variância para pectina total da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	12016,0	6008,10	3,85	0.0354*
Dias	3	23979,0	7992,90	5,12	0.0070*
Temperatura X Dias	6	27798,0	4632,90	2,97	0.0258*
Resíduo	24	37435,0	1559,80		
Total	35	101227,0			

CV = 7.07%

Tabela 21A Resumo das análises de variância para teor de pectina solúvel da mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	4888,3	2444,10	8,73	0.0014*
Dias	3	9776,7	3258,90	11,64	0.0001*
Temperatura X Dias	6	7495,4	1249,20	4,46	0.0036*
Resíduo	24	6721,8	280,10		
Total	35	28882,2			

CV = 19.82%

Tabela 22A Resumo das análises de variância para teor de poligalacturonase mangaba ao longo de 22 dias de armazenamento em temperaturas de 0, 6 e 12°C com posterior exposição à temperatura ambiente

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	2	134674,0	67337,00	30,02	<0.0001*
Dias	3	199057,0	66352,00	29,58	<0.0001*
Temperatura X Dias	6	218446,0	36408,00	16,23	<0.0001*
Resíduo	24	53843,0	2243,00		
Total	35	606020,0			

CV = 38.55%

Tabela 23A Resumo das análises de variância para atividade antioxidante da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	489,3	163,10	0,84	0,4820
Dias	4	3908,7	977,18	5,03	0,0027
Temperatura X Dias	9	99,3	11,03	0,06	0,9999
Resíduo	34	6609,5	194,40		
Total	50	11106,8			

Tabela 24A Resumo das análises de variância para compostos fenólicos da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	5522,0	1840,70	0,52	0,6724
Dias	4	65096,0	16274,10	4,58	0,0046
Temperatura X Dias	9	25734,0	2859,30	0,81	0,6142
Resíduo	34	120689,0	3549,70		
Total	50	217041,0			

Tabela 25A Resumo das análises de variância para o teor de vitamina C da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em quatro temperaturas: 0, 6, 12 e 24°C

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Temperatura	3	477,7	159,25	1,42	0,2531
Dias	4	687,6	171,89	1,54	0,2139
Temperatura X Dias	9	1423,9	158,21	1,41	0,2211
Resíduo	34	3805,2	111,92		
Total	50	6394,4			

Tabela 26A Resumo das análises de variância para o teor de O₂ da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	3,0	1,48	5,68	0.0081*
Dias	4	18,9	4,73	18,21	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	6,2	0,77	2,98	0.0140*
Resíduo	30	7,8	0,26		
Total	44	35,9			

CV = 2.44 %

Tabela 27A Resumo das análises de variância para o teor de CO₂ da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	3,6	1,82	3,72	0,0362
Dias	4	22,7	5,67	11,60	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	4,4	0,55	1,12	0,3808
Resíduo	30	14,7	0,49		
Total	44	45,3			

CV = 85.39 %

Tabela 28A Resumo das análises de variância para a perda de massa da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	0,5	0,23	7,99	0,0017
Dias	4	7,0	1,74	61,34	0,0000
Embalagem X Dias	8	0,2	0,03	0,93	0,5105
Resíduo	30	0,9	0,03		
Total	44	8,5			

Tabela 29A Resumo das análises de variância para o teor de L* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	24,8	12,42	1,09	0,3492
Dias	4	542,0	135,50	11,89	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	34,8	4,35	0,38	0,9219
Resíduo	30	341,8	11,39		
Total	44	943,4			

Tabela 30A Resumo das análises de variância para o teor de a* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	7,6	3,80	0,25	0,7818
Dias	4	952,0	237,99	15,56	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	17,8	2,22	0,15	0,9961
Resíduo	30	458,8	15,29		
Total	44	1436,1			

Tabela 31A Resumo das análises de variância para o teor de b* da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	18,9	9,47	0,51	0,6030
Dias	4	924,5	231,13	12,56	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	33,4	4,17	0,23	0,9830
Resíduo	30	551,9	18,40		
Total	44	1528,8			

Tabela 32 A Resumo das análises de variância para o teor de sólidos solúveis da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	2,3	1,16	0,53	0,5937
Dias	4	167,9	41,98	19,28	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	3,7	0,46	0,21	0,9864
Resíduo	30	65,3	2,18		
Total	44	239,2			

Tabela 33A Resumo das análises de variância para o teor de açúcares solúveis totais da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	16,7	8,34	15,38	<0.0001*
Dias	4	315,7	78,92	145,48	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	42,2	5,27	9,72	<0.0001*
Resíduo	30	16,3	0,54		
Total	44	390,8			

Tabela 34A Resumo das análises de variância para o teor de amido da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	0,4	0,19	38,01	<0.0001*
Dias	4	10,2	2,56	503,95	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	0,2	0,03	5,13	0.0004*
Resíduo	30	0,2	0,01		
Total	44	11,0			

CV = 8.51 %

Tabela 35 A Resumo das análises de variância para o teor de acidez total da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	0,0	0,01	1,71	0,1976
Dias	4	1,1	0,27	35,47	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	0,2	0,02	3,10	0.0113*
Resíduo	30	0,2	0,01		
Total	44	1,5			

Tabela 36A Resumo das análises de variância para o teor de pH da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	0,09	0,04	3,22	0,0540
Dias	4	0,56	0,14	10,54	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	0,16	0,02	1,47	0,2099
Resíduo	30	0,40	0,01		
Total	44	1,21			

Tabela 37A Resumo das análises de variância para o teor de firmeza da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	41,00	20,60	0,07	0,9351
Dias	4	41072,00	10267,90	33,59	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	267,00	33,40	0,11	0,9986
Resíduo	30	9170,00	305,70		
Total	44	50550,00			

Tabela 38A Resumo das análises de variância para o teor de pectina total da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	46060,0	23029,80	17,14	<0.0001*
Dias	4	38287,0	9571,90	7,12	0.0004*
Embalagem X Dias	8	43620,0	5452,50	4,06	0.0023*
Resíduo	30	40306,0	1343,50		
Total	44	168273,0			

Tabela 39A Resumo das análises de variância para o teor de pectina solúvel da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	30229,0	15114,60	808,61	<0.0001*
Dias	4	30730,0	7682,60	411,01	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	40111,0	5013,90	268,24	<0.0001*
Resíduo	30	561,0	18,70		
Total	44	101631,0			

Tabela 40A Resumo das análises de variância para o teor de poligalacturonase da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	2,6	1,28	6,76	0.0038*
Dias	4	7,9	1,98	10,50	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	6,7	0,83	4,42	0.0013*
Resíduo	30	5,7	0,19		
Total	44	22,8			

Tabela 41A Resumo das análises de variância para a atividade antioxidante da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	36,6	18,28	0,14	0,8674
Dias	4	8579,9	2144,97	16,78	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	1087,8	135,98	1,06	0,4138
Resíduo	30	3835,9	127,86		
Total	44	13540,2			

Tabela 42A Resumo das análises de variância para o teor de compostos fenólicos da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	3485,0	1743,00	0,60	0,5573
Dias	4	135406,0	33852,00	11,58	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	15542,0	1943,00	0,66	0,7178
Resíduo	30	87683,0	2923,00		
Total	44	242116,0			

Tabela 43A Resumo das análises de variância para o teor de vitamina C da mangaba ao longo de 20 dias de armazenamento em três embalagens

FV	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Embalagem	2	423,2	211,58	1,88	0,1703
Dias	4	5416,8	1354,21	12,03	<0.0001*
Embalagem X Dias	8	1418,7	177,34	1,57	0,1742
Resíduo	30	3378,1	112,60		
Total	44	10636,8			