



GILMA AUXILIADORA SANTOS GONÇALVES

**ESTABILIDADE DA POLPA DE MANGABA
(*HANCORNIA SPECIOSA* GOMES)
CONGELADA E ARMAZENADA**

LAVRAS – MG

2017

GILMA AUXILIADORA SANTOS GONÇALVES

**ESTABILIDADE DA POLPA DE MANGABA
(*HANCORNIA SPECIOSA* GOMES) CONGELADA E ARMAZENADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação, em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Coorientadores

Dra. Elisângela Elena Nunes de Carvalho

Dr. Jaime Vilela de Resende

LAVRAS – MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gonçalves, Gilma Auxiliadora Santos.

Estabilidade da Polpa de Mangaba (*Hancornia Speciosa*
Gomes) Congelada e Armazenada / Gilma Auxiliadora Santos
Gonçalves. - 2017.

185 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientador(a): Elisângela Elena Nunes de Carvalho, Jaime
Vilela de Resende

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Agregação de Valores. 2. Fruto do Cerrado. 3. Pasteurização.
4. Método de Congelamento. I. Vilas Boas, Eduardo Valério de
Barros. II. Carvalho, Elisângela Elena Nunes de. III. Resende,
Jaime Vilela de.

GILMA AUXILIADORA SANTOS GONÇALVES

**ESTABILIDADE DA POLPA DE MANGABA
(*HANCORNIA SPECIOSA* GOMES) CONGELADA E ARMAZENADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação, em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2017.

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas	UFLA
Dr. Jaime Vilela de Resende	UFLA
Dra. Ellen Cristina de Souza	UFLA
Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho	UFLA
Dra. Clarissa Damiani	UFG

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

LAVRAS – MG

2017

À minha família,

A meus pais, Vanir e João Batista (*in memoriam*) e a meus irmãos Gilmar, Gilberto, Gilda, Gilvânia e Gilson. Aos meus filhos, José Guilherme e João Vítor, sacrificados com minhas ausências e a meu esposo Walter, que me apoiou e me substituiu no cuidado aos nossos filhos, com paciência, compreensão e muito amor acima de tudo.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado meu caminho, dando-me forças, paciência e persistência para continuar, mesmo com tantas adversidades.

À Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciência dos Alimentos), pela oportunidade de desenvolvimento dos experimentos e capacitação profissional com os conhecimentos adquiridos e experiências vividas.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, campus Barbacena, especialmente, ao Diretor Professor José Alexandrino Filho e às minhas colegas do núcleo de alimentos, Giovana, Márcia, Dorinha, Andréa, Thais, Romilda, Renata, Gerson e Rejiane que possibilitaram meu afastamento integral para o doutorado.

À FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro.

Ao professor, Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, orientador deste trabalho, pela confiança, atenção, segurança e disponibilidade durante todas as etapas.

Ao professor, Dr. Jaime Vilela de Resende, pela orientação e disponibilidade, durante as etapas de planejamento, montagem e execução dos experimentos.

À professora Dra. Elisângela Elena Nunes, pelo apoio constante, desde o planejamento, montagem dos experimentos, realização das análises cromatográficas, além de paciência, atenção, amizade e acolhimento em vários momentos.

Aos professores, Ana Carla, João de Deus, Roberta, Marcelo Cirilo e outros que contribuíram com ideias e sugestões que possibilitaram a execução do trabalho.

À amiga e comadre, Giovana Maria Pereira Assumpção, por estar presente, em todos os momentos, ajudando desde o planejamento até a execução das análises, além do companheirismo em todas as horas.

À amiga, Nathane, que conheci, no início do curso e que se tornou minha fiel companheira, em todos os momentos deste e de outros trabalhos, sem a qual muito do que fiz não seria possível.

À Carla Saraiva Gonçalves, que muito contribuiu no planejamento, análise de dados e discussão de resultados das análises sensoriais.

Às funcionárias e laboratoristas, Tina, Creuza, Aline, Cidinha, Ana Alice, Lidiane e Priscila, pela disponibilidade, atenção e apoio na realização das análises.

Aos amigos e colegas, Heloisa, Emanuelle, Patrícia, Kelly, Bia, Mariana, Lucas, Rafael, Mayumi, Cristina, Cíntia, Daniela, Ana Carolina, Paola, Rafaela Zambaldi, Rafaela Corrêa, Thaís Destéfani, que muito contribuíram, em diferentes etapas dos experimentos, realização das análises, sugestões e troca de ideias.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram com realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

A mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), fruto do Cerrado brasileiro, destaca-se pelo valor nutricional e compostos bioativos, além das atrativas e peculiares características sensoriais de sabor e aroma. Como o processamento pode alterar suas características originais, esta pesquisa teve como finalidade avaliar o efeito do processamento (pasteurização e métodos de congelamento) e armazenamento prolongado sobre o perfil fenólico, compostos bioativos, capacidade antioxidante, atividade enzimática, compostos voláteis e perfil sensorial da polpa de mangaba. Frutos oriundos de Curvelo – MG, Brasil, foram selecionados, lavados, sanitizados e despulpados e a polpa embalada (100 mL) em sacos plásticos de PEAD (polietileno de baixa densidade). As polpas foram submetidas a dois níveis de pasteurização (pasteurizadas e não pasteurizadas), dois métodos de congelamento (ar forçado e ar estático) e cinco tempos de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), para as análises físicas e químicas e quatro tempos (zero, 4, 8 e 12 meses), para análises microbiológicas e sensoriais. As amostras foram descongeladas em água corrente. Concluiu-se que o método de congelamento por ar forçado é mais eficiente na retenção da vitamina C e a pasteurização favorece maior retenção de fenólicos totais, capacidade antioxidante e menor atividade enzimática. A maioria dos fenólicos individuais é retida por até seis meses, sendo a (+)-catequina e o ácido *trans*-cinâmico os mais estáveis. Foram, tentativamente, identificados 25 compostos voláteis no fruto e polpas de mangaba, sendo os ésteres predominantes no fruto e nas polpas. Os ésteres 4-Pentenil acetato e isopentil acetato foram predominantes no fruto, enquanto, nas polpas, observou-se, predomínio de etanol a partir de três meses de estocagem. A pasteurização favorece a retenção dos compostos de aroma da polpa de mangaba. O armazenamento, a partir de nove meses, favorece o desenvolvimento ou acúmulo de compostos responsáveis pela degradação do aroma como etanol, etil acetato e ácido acético. O teor de sólidos solúveis tende a diminuir, enquanto o pH, acidez titulável e cor da polpa são pouco alterados pela pasteurização, congelamento e armazenamento. A análise domínio temporal das sensações (TDS) identificou o gosto ácido como dominante, na maioria dos tratamentos, combinado com a identificação do gosto ruim, nas polpas não pasteurizadas, armazenadas por quatro meses. A pasteurização, independentemente do método de congelamento, promove maior aceitação da polpa de mangaba por até oito meses. A polpa de mangaba, mesmo aos doze meses de armazenamento congelado, é boa fonte de compostos bioativos, tem boa capacidade antioxidante e apresenta boa aceitação sensorial.

Palavras-chave: Agregação de Valores. Fruto do Cerrado. Pasteurização. Métodos de Congelamento. SPME-CGMS. HPLC.

ABSTRACT

Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), a fruit from Brazilian Cerrado (tropical savanna ecoregion), highlight for its high nutritional value and bioactive compounds, as well as attractive and peculiar sensory characteristics of flavor and aroma. As processing may alter its original characteristics, this research aimed to evaluate the effect of processing (pasteurization and freezing methods) and long-term storage on the phenolic profile, bioactive compounds, antioxidant capacity, enzymatic activity, volatile compounds and sensory profile of mangaba pulp. Fruits from Curvelo - MG, Brazil, were selected, washed, sanitized and pulped and packed (100 mL) in LDPE (Low density polyethylene) plastic bags. The pulps were submitted to two levels of pasteurization (pasteurized and unpasteurized), two freezing methods (forced air and static air) and five storage times (zero, 3, 6, 9 and 12 months) for the physical and chemical analyzes, and four times (zero, 4, 8 and 12 months) for microbiological and sensory analyzes. Samples were thawed in tap water. It was concluded that the forced air freezing method is more efficient in the retention of vitamin C, and pasteurization favors greater retention of total phenolics, antioxidant capacity and lower enzymatic activity. Most of the individual phenolic is retained for up to six months, with (+)-catechin and trans-cinnamic acid being the most stable ones. Twenty-five volatile compounds were tentatively identified in the fruit and pulp, with the esters predominating in both. The 4-pentenyl acetate and isopentyl acetate esters were predominant in the fruit, while in the pulps ethanol was predominant after three months of storage. Pasteurization favors retention of aroma compounds from mangaba pulp. Storage from nine months favors the development or accumulation of compounds responsible for aroma degradation such as ethanol, ethyl acetate and acetic acid. Soluble solids content tends to decrease, while pH, titratable acidity and pulp color are poorly altered by pasteurization, freezing and storage. Temporal dominance of sensations (TDS) analysis identified sour taste as dominant in most treatments, combined with the identification of *off-flavors* in unpasteurized pulps stored for four months. Pasteurization, regardless of the freezing method, promotes greater acceptance of mangaba pulp for up to eight months. Mangaba pulp, even at twelve months of frozen storage, is a good source of bioactive compounds and has good antioxidant capacity and good sensory acceptance.

Keywords: Adding value. Brazilian savannah fruit. Pasteurization. Freezing Methods. SPME-CGMS. HPLC.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1	Mangabeira.....	19
Figura 2	Frutos da mangabeira.....	21

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Figura 1	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Vitamina C (A1- 2), Fenólicos Totais (B1 – 4) e Carotenoides Totais (C) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.....	86
Figura 2	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Capacidade Antioxidante (DPPH) (A1-2) e Capacidade Antioxidante (TEAC) (B1 - 4) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.....	99
Figura 3	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Polifenoloxidase (A1-4) e Peroxidase (B1-4) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.....	104

ARTIGO 2

- Figura 1** PCA dos compostos voláteis das polpas de mangaba. Códigos usados: Códigos usados: T0= tempo zero, T3= 3 meses, T6= 6 meses, T9= 9 meses e T12= 12 meses de armazenamento. Sem pasteurização congelada por ar estático (UPSA), Sem pasteurização congelada por ar forçado (UPFA), Pasteurizada congelada por ar estático (PSA) e Pasteurizada congelada por ar forçado (PFA). Os compostos: Etanol (A), Butanol (B), 1-Butanol <3-metil-> (C), 3-metyl-3-buten-1-ol (D), 2-Buten-1-ol, 3-metil- (E), 2,3-Hexanediol (F), 2,3-Butanediol (G), Hexanol (H), Acetic acid (I), Pentanal (J), Nonanal (K), Ethyl acetate (L), Isopentyl acetate (M), 4-Pentenyl acetate (N), Prenyl acetate (O), Hexyl acetato (P), Undecane (Q), Dodecane (R), Pentadecane (S), Hexadecane (T), Heptadecane (U), Octadecane (V), Linalool (W), Ocimene (X), Butan-2-one <3-hydroxy-> (Y)..... 139
- Figura 2** HCA dos compostos voláteis das polpas de mangaba. Códigos usados: Códigos usados: T0= tempo zero, T3= 3 meses, T6= 6 meses, T9= 9 meses e T12= 12 meses de armazenamento. Unpasteurized frozen by static air (UPSA), Unpasteurized frozen by forced air (UPFA), Pasteurized frozen by static air (PSA) e Pasteurized frozen by forced air (PFA)..... 141

ARTIGO 3

Figure 1	Mean values, regression equation and coefficients for determining the variable pH (A), TA (B) and Soluble Solids (C1-2) of mangaba pulp stored frozen (-18°C) over twelve months. Means followed by the same letter in each storage time do not differ by the Tukey test at 5% significance.....	160
Figure 2	Mean values, regression equation and coefficients of determination for the variable L* (A 1-2), Chromaticity (B), and Hue Angle (C) in mangaba pulp stored frozen (-18°C) over twelve months. Means followed by the same letter in each storage time, do not differ by the Tukey test at 5% significance.....	163
Figure 3	Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for Unpasteurized (UP) (a) and Pasteurized (P) (b) freshly prepared mangaba pulp.....	167
Figure 4	Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 4 months.....	169
Figure 5	Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 8 months.....	171
Figure 6	Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 12 months.....	173

- Figure 7** Graphic representation of PCA of mangaba pulp nectar unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) stored for T0 = time zero, T4 = 4 months 8T = 8 months and T12 = 12 months..... 175
- Figure 8** Graphic representation of HCA of mangaba pulp nectar unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) stored for T0 = time zero, T4 = 4 months 8T = 8 months and T12 = 12 months. Cluster one, containing all zero time treatments (UPSA, UPFA, PSA, PFA) and PSA and PFA treatments, both in the times four and eight months..... 177

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1	Caracterização da mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) <i>in natura</i>	23
-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------	----

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Tabela 1	Características químicas da mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) <i>in natura</i>	82
Tabela 2	Compostos Fenólicos, por HPLC, de polpas de mangaba pasteurizadas, congeladas e armazenadas por 12 meses.....	93

ARTIGO 2

Tabela 1	Porcentagem de área de ésteres tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.....	128
Tabela 2	Porcentagem de área de Álcoois tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.....	131
Tabela 3	Porcentagem de área de hidrocarbonetos tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.....	133
Tabela 4	Porcentagem de área de aldeídos, terpenos, cetona e ácido tentativamente identificado em frutos e polpas de mangaba...	135

ARTIGO 3

Table 1	Time and treatments submitted to acceptance test and TDS.....	156
----------------	---------------------------------------------------------------	-----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Aspectos gerais da mangabeira.....	18
2.2	Características da mangaba.....	20
2.3	Polpa de frutas.....	24
2.4	Congelamento.....	25
2.5	Pasteurização.....	28
2.6	Polpa de mangaba.....	30
2.7	Efeitos da pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento na qualidade de frutos, polpas e outros derivados.....	31
2.7.1	Características físico-químicas: pH, Acidez Titulável e Sólidos Solúveis.....	32
2.7.2	Coloração.....	33
2.7.3	Compostos bioativos.....	34
	REFERÊNCIAS.....	54
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	69
	ARTIGO 1.....	70
	ARTIGO 2.....	118
	ARTIGO 3.....	149

PRIMEIRA PARTE – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nativa do Brasil, a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) da família das apocináceas, produz frutos muito apreciados pelas suas características peculiares de sabor doce, levemente ácido e aroma intenso e peculiar. Além de suas características sensoriais, a mangaba tem despertado muito interesse, na comunidade científica, em razão de seu alto valor nutritivo e bioativo, justificado pelo alto teor de vitamina C, vitamina E, ácido fólico, carotenoides e compostos fenólicos, além de alta capacidade antioxidante, apresentando potencial para prevenir várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes.

Entretanto o fruto é extremamente perecível, quando maduro, gerando grandes perdas desde a colheita até o consumo. O processamento é, então, uma alternativa, para aumentar a vida útil, permitir o consumo fora da região de produção e, ainda, servir como matéria-prima para indústrias de néctares, doces, geleias, sorvetes e outros.

O processamento da mangaba, na forma de polpa congelada, favorece a conservação e consumo, podendo a pasteurização ser empregada como pré-tratamento. A pasteurização usa o calor como forma de inativar enzimas e eliminar microrganismos patogênicos e deterioradores, preservando por mais tempo a qualidade original de polpas de frutas. O congelamento é muito empregado por aumentar a conservação de derivados de frutas mantendo o máximo do valor nutritivo e qualidade sensorial.

Entretanto a pasteurização pode induzir alterações indesejáveis em produtos de fruta pela degradação térmica de compostos termossensíveis como vitaminas, compostos bioativos e compostos de cor, aroma e sabor. No congelamento, também, podem ocorrer perdas, já que nem toda a água é congelada e enzimas podem ser preservadas e permitir que reações ocorram,

mesmo em baixas velocidades, dependendo, então, do tempo, temperatura, condições de armazenagem congelada, dentre outros fatores.

A literatura reporta diferentes resultados, para aplicação das técnicas de pasteurização, congelamento e estocagem de polpas de diferentes frutas, os quais são dependentes das condições de aplicação dessas técnicas e, sobretudo das características intrínsecas que cada fruto apresenta. Sobre a mangaba, nenhum trabalho abordou o efeito da aplicação simultânea dessas técnicas em sua conservação em longo prazo.

Nesse sentido, o conhecimento da estabilidade da polpa de mangaba congelada é determinante, para a seleção de pré-tratamentos, métodos de congelamento e tempos de armazenamento que garantam a máxima estabilidade dos compostos bioativos e atividade antioxidante, compostos voláteis e qualidade sensorial deste fruto. Assim foi desenvolvida essa tese, que se divide em quatro capítulos. O primeiro apresenta a revisão de literatura com os aspectos gerais da mangabeira, características da mangaba, abordando o processamento de polpa de frutas, congelamento, pasteurização, polpa de mangaba e efeitos dessas técnicas na qualidade de frutos, polpas e outros derivados. O segundo capítulo avalia efeito do processamento e armazenamento, no perfil fenólico, compostos bioativos, capacidade antioxidante e atividade enzimática da polpa de mangaba. O terceiro capítulo avalia os compostos voláteis da polpa de mangaba, submetida aos processos de pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento prolongado. O quarto capítulo avalia o perfil sensorial e físico-químico de polpa de mangaba pasteurizada e não pasteurizada, congelada por diferentes métodos, durante o armazenamento prolongado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade física, química, microbiológica e sensorial da polpa de mangaba, submetida aos tratamentos de pasteurização, métodos de congelamento e tempos de armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da mangabeira

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma espécie frutífera que ocorre, espontaneamente, nas regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, onde os frutos maduros são apreciados para o consumo *in natura* e, principalmente, na fabricação de polpa para sucos e sorvetes, além de licores e geleias. Depois de Sergipe, os maiores produtores da fruta são os Estados de Minas Gerais e Bahia (LIMA; SCARIOT, 2010).

A planta atinge de quatro a seis metros de altura, copa de quatro a cinco metros de diâmetro, folhas verdes lanceoladas e flores alvas com cheiro suave. A produção de frutos se inicia entre o terceiro e o quinto ano, após o plantio e, a partir do quinto ano, a cultura pode proporcionar produtividades de 10 a 12 t/ha (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2011). A polinização da mangabeira necessita de polinizadores autóctones que utilizem peças bucais longas como os esfingídeos, abelhas solitárias e borboletas (SCHLINDWEIN et al., 2014).

Figura 1 Mangabeira



Fonte: (MUDAS..., 2016).

A floração e a frutificação da mangabeira são irregulares, variando conforme a época do ano, de um ano para outro, entre mangabeiras de locais diferentes e até mesmo entre árvores de um mesmo local. A coleta dos frutos ocorre em épocas diferentes em cada região. No Norte de Minas Gerais, ocorre de outubro a janeiro. Já, em Sergipe, existe a safra de verão, que vai de dezembro a abril, e a safra de inverno, que vai de maio a julho. Na Bahia, a coleta é feita de novembro a abril (LIMA; SCARIOT, 2010).

A mangaba é uma cultura, em fase de domesticação, havendo, portanto a necessidade de ampliar os conhecimentos, por meio de pesquisas, análises e estudos aprofundados, para que se possa garantir um total aproveitamento da espécie pela sociedade (SILVA JÚNIOR, 2004).

A cultura é explorada, predominantemente, pela ação extrativista, iniciando-se um processo de formação de pomares por empresários para atender a demanda crescente.

Considerando que o extrativismo excessivo pode impactar, negativamente, nas áreas produtoras, Lima, Scariot e Giroldo (2013) realizaram estudo, no cerrado do Norte do Estado de Minas Gerais, visando estimar a taxa máxima de coleta sustentável dos frutos de *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) e concluíram que a área de estudo tem grande e pouco explorado potencial para a colheita de mangaba, visto que a perecibilidade do fruto e a má qualidade das vias de acesso impedem o aumento no volume de frutas colhidas. Os níveis de colheita atuais (4 % a 6 %) são bem abaixo da máxima taxa de colheita sustentável (87%).

Em parte do Nordeste, a colheita é feita, tradicionalmente, por mulheres, agricultoras extrativistas, conhecidas como “catadoras de mangaba” (SCHMITZ; MOTA; CARDOSO, 2010).

O trabalho das catadoras consiste em derrubar o fruto “de vez”, com auxílio de um gancho de arame, acoplado ou não a uma vara e colher os frutos que caem. Após a catação, os frutos são colocados em baldes e transportados para as residências. Embora aqueles frutos colhidos, ao caírem no chão, naturalmente, sejam reconhecidos como mais saborosos, são sensíveis ao manuseio e transporte (SANTOS, 2010).

2.2 Características da mangaba

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, manguba, mangabiba, dentre outros conforme a região de coleta.

O fruto, (Figura 2) é uma baga, geralmente, de formato oblongo e casca amarelada com manchas vermelhas quando maduro. A polpa tem rendimento superior a 85% e variação de peso de frutos entre 2,6 g e 65,6 g. A polpa é cremosa, succulenta, ligeiramente ácida e um tanto leitosa ao amadurecer (ARAÚJO et al., 2009).

Figura 2 Frutos da mangabeira.



Fonte: Do autor (2016).

O processamento da fruta resulta em vários produtos, como polpas, geleias, sorvetes, sucos, doces, bolos, biscoitos e licores. No Nordeste, a mangaba é uma das frutas mais requisitadas, na indústria de frutas nativas da região, sendo utilizada, principalmente, na fabricação de sucos, polpas congeladas e sorvetes.

Além dos frutos, outras partes da planta, também, podem ser usadas, como a casca, o látex, as folhas e as raízes, que têm uso medicinal, e a madeira, que pode ser usada como lenha.

O tempo de colheita para mangaba, baseia-se nas modificações envolvidas com a tonalidade na cor da pele, variando de verde para amarelo-claro, com algumas manchas vermelhas. Quando totalmente maduro, solta-se e cai da planta, resultando, às vezes, em contusões dos frutos trazendo-lhes prejuízo à aparência. Esses frutos são denominados "de queda" e, apesar de serem altamente perecíveis, são muito mais valorizadas pelo comércio (CARNELOSSI et al., 2004).

O alto conteúdo de sólidos solúveis totais, associado à elevada acidez, além do paladar exótico, conferem à mangaba um sabor muito apreciado pelos consumidores, sendo utilizada para o consumo *in natura* quanto processada.

Pesquisas recentes têm reportado a mangaba como importante fonte de compostos bioativos, apresentando altos teores de vitamina C, vitamina E, ácido fólico, carotenoides e compostos fenólicos, além de alta capacidade antioxidante (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015a, 2015b), podendo reduzir o risco de desenvolvimento de várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (CARDOSO et al., 2014, LIMA et al., 2015b; PEREIRA et al., 2015). A Tabela 1 apresenta diferentes resultados de estudos sobre a caracterização da mangaba.

Tabela 1 Caracterização da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) *in natura*.

Componente	Almeida et al. (2011)	Cardoso et al. (2014)	Lima et al. (2015a)	Lima et al. (2015b)
pH	-	3,6	3,42	3,2
SS (%)	-	15,1	22,19	16,01
Acidez Titulável (%)	-	0,8	1,18	1,06
Relação SS/AT	-	18,87	18,8	15,15
L*	-	-	41,07	-
a*	-	-	4,17	-
b*	-	-	25,49	-
Cromaticidade (C*)	-	-	26,26	-
Ângulo Hue (h°)	-	-	82,54	-
Vitamina C (mg 100 ⁻¹)	96,3	165,82	174,91	255,9
Fenólicos (mg GAE 100 ⁻¹)	98,8	-	490	352,98
DPPH (% SER)	-	-	62,5	-
EC ₅₀ (g g ⁻¹ DPPH)	-	-	-	489,53
TEAC (µM trólox g ⁻¹)	10,84	-	-	-
Caroten. mg 100g ⁻¹)	0,3	0,11	-	0,69

Pesquisas que avaliaram o perfil fenólico da mangaba identificaram o ácido clorogênico e a rutina como predominantes no fruto (FERREIRA; MATA; BRAGA, 2000; GOMES; RAMALHO; GUALBERTO, 2013; LIMA et al., 2015b). Em termos de compostos voláteis, os ésteres têm sido relatados como predominantes (ASSUMPÇÃO et al., 2013 (68,11%); SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006 (40,9%); NARAIN et al., 2007 (35,48%)). Entre os ésteres, o isopentil acetato e prenil acetato predominaram nos estudos de Assumpção et al. (2013) e Sampaio e Nogueira (2006).

A atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) e peroxidase (POD) pode promover grande variedade de reações de escurecimento e biodegradação dos compostos bioativos e sensoriais da mangaba. Os estudos disponíveis acerca

da atividade dessas enzimas na mangaba têm mostrado diferentes resultados. Vitorino et al. (2014) encontraram atividade enzimática variando de 1,05 a 1,02 UE min g⁻¹ para polifenoloxidase e de 2,67 a 5,31 UE min g⁻¹ para peroxidase, enquanto Nasser et al. (2014) encontraram atividade enzimática variando de 936,66 a 14.811,11 U g⁻¹ para polifenoloxidase e de 276,66 a 668,33 para peroxidase U g⁻¹. Tais diferenças podem ser atribuídas a diferentes fatores como a influência da época de colheita, maturidade, maturação, tempo e condições do solo, exposição solar e localização de frutas na planta (FANIADIS; DROGOUDI; VASILAKAKIS, 2010), região produtora, além das metodologias utilizadas na extração e análise das amostras.

A mangada é extremamente perecível e qualquer rompimento no tecido induz à aceleração de atividades fisiológicas, reações bioquímicas e/ou infecções por microrganismos, que resultam na deterioração do produto (PORTE; MAIA, 2001). Esse contexto evidencia a necessidade de estudos sobre métodos de conservação da mangaba, com vistas a torná-la disponível, na entressafra, regularizando a oferta e agregando valor a essa matéria-prima, além de disponibilizar o consumo desse fruto que possui alto valor nutricional e em compostos bioativos.

2.3 Polpa de frutas

Além do fator nutricional, a conveniência continua sendo um fator importante para os consumidores. A conveniência, quando atribuída aos alimentos, relaciona-se com a facilidade de estocagem e de preparo para o consumo doméstico. O contínuo crescimento, no consumo de frutas, associado às melhorias que estão sendo introduzidas, na qualidade dos alimentos, indicam que as polpas congeladas de frutas vêm cada vez mais ganhando mercado. São fáceis de comercializar e são importantes fontes de matéria-prima, podendo ser

empregadas na elaboração de outros produtos como iogurtes, doces, biscoitos, bolos, sorvetes e sucos (HASSIMOTTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005). Adicionalmente, apresentam-se como alternativa de consumo de frutos sazonais, para os mercados nacionais ou internacionais, mesmo em períodos de entressafra de produção.

Entretanto, para os consumidores, a qualidade e o valor nutricional devem ser preservados. Em decorrência da alta instabilidade das vitaminas e pró-vitaminas, o processamento e a estocagem das frutas podem alterar, significativamente, a composição qualitativa e quantitativa desses nutrientes (COSTA; VIEIRA, 2003), bem como a atividade e a biodisponibilidade dos componentes bioativos (MAIA et al., 2007).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) define polpa de fruta, pelo Regulamento Técnico Geral, para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Fruta, “como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2000). As polpas de frutas podem ser conservadas de diferentes formas, sendo o congelamento muito empregado comercialmente.

2.4 Congelamento

O congelamento é uma operação unitária em que a temperatura de um alimento (calor sensível) é reduzida abaixo do seu ponto de congelamento, proporcionando a mudança de estado físico da água, com formação de cristais de gelo. A imobilização da água em gelo e a concentração resultante dos solutos dissolvidos na água não congelada diminuem a atividade de água do alimento. A preservação é alcançada pela combinação de baixas temperaturas, redução da

atividade de água e, em alguns alimentos por pré-tratamentos, como a pasteurização (FELLOWS, 2006).

O ponto de congelamento de um líquido é a temperatura na qual ele se encontra em equilíbrio com o sólido. O ponto de congelamento de uma solução é mais baixo que o solvente puro e, conseqüentemente, o ponto de congelamento dos alimentos é mais baixo que o da água. De modo geral, os alimentos congelam-se entre 0°C e -4°C.

É necessário considerar que os alimentos contêm água como solvente de uma série de substâncias orgânicas e inorgânicas e, incluindo sais, ácidos açúcares e moléculas mais complexas, como proteínas em suspensão coloidal e, mesmo gases dissolvidos nesse ambiente aquoso. Na realidade, o que congela no alimento é a água, mas nem toda a água é congelada e, sim, a chamada água livre, uma vez que a outra porção, a água ligada, encontra-se intimamente combinada a solutos diversos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

Antes que um cristal de gelo possa formar-se, um núcleo de moléculas de água deve estar presente. Portanto a nucleação precede a formação dos cristais de gelo. Altas taxas de transferência de calor produzem grande número de núcleos e, como as moléculas migram para um núcleo já existente, em vez de formar núcleos novos, o congelamento rápido produz grande número de pequenos cristais de gelo (FELLOWS, 2006).

O congelamento causa perdas negligenciáveis, em pigmentos e aromas ou componentes nutricionais importantes, apesar de esses elementos poderem ser perdidos, nos procedimentos de preparo, ou deteriorados, posteriormente, durante a estocagem congelada.

Em geral, quanto menor a temperatura da estocagem congelada menor é a taxa de alterações microbiológicas ou bioquímicas. No entanto o congelamento e o armazenamento não inativam as enzimas e têm efeito variável nos microrganismos. Em temperaturas normais de estocagem congelada (-18°C), há

uma perda lenta de qualidade pelas alterações químicas e pela atividade enzimática em alguns alimentos (FELLOWS, 2006).

A atividade enzimática, em meio congelado, é determinada pelo aumento da temperatura e da concentração de solutos, dependente dos efeitos de viscosidade e da difusão nesses fatores. A atividade de água pode ser um fator menos importante, no meio congelado, pois é ditada pela pressão relativa de vapor do gelo e água supercongelada, na mesma temperatura, a A_w é suprimida para apenas 0,82 a -20°C (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

É um dos métodos mais eficazes, para a preservação em longo prazo, dos atributos de qualidade naturais de alimentos perecíveis. No entanto os cristais de gelo que se formam podem, também, causar considerável perda de textura e cor e outras modificações sensoriais após descongelamento. Conseqüentemente, o tamanho e a forma desses cristais de gelo são vitais para a qualidade final do produto congelado (RENO; PRADO; RESENDE, 2011). A imobilização de água sob a forma de gelo resulta em um aumento da concentração de solutos dissolvidos na água não congelada e na diminuição da atividade da água no alimento. Entretanto nem toda a água existente no alimento passa ao estado cristalino, continuando a permitir a ocorrência de reações químicas e enzimáticas, embora a velocidades mais baixas (SOUSA et al., 2007). Essas reações são influenciadas, de certo modo, pela qualidade inicial da matéria-prima, antes do congelamento, quer seja pelo método empregado, velocidade de congelamento, pela temperatura e umidade relativa praticada durante o armazenamento do produto congelado e pela duração do período de conservação sob estas condições (POIANA et al., 2010). Pode existir mesmo uma inativação de algumas enzimas, porém nunca na totalidade (AZCARATE; BARRINGER, 2010).

Segundo a literatura, congelamentos mais rápidos dão origem a produtos de maior qualidade, nos quais há uma maior preservação de todos os

componentes celulares, em especial, os compostos bioativos (BRENNAN, 2006; POIANA et al., 2010; SYAMALADEVI, 2011). O grau de alteração das estruturas é maior, quando aplicadas taxas de congelamento lento, por causa do desenvolvimento de grandes cristais de gelo no externo às células dos tecidos (CHASSAGNE-BERCES et al., 2009).

Um dos principais fatores que determinam a taxa de crescimento dos cristais é a taxa de remoção de calor do sistema, que é maior em congelamentos mais rápidos (BEZERRA; FERNANDES; RESENDE, 2015), como a do ar forçado.

O congelamento rápido cria cristais de gelo menores com maior área de superfície que o lento e com menor oportunidade de agrupamento de meio líquido não congelado. Os cristais pequenos parecem favorecer a desnaturação de superfície de enzimas. Taxas lentas ou moderadas de congelamento favorecem a estabilidade e a retenção da atividade enzimática durante o armazenamento congelado (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

2.5 Pasteurização

A pasteurização é um tratamento térmico que envolve a aplicação de calor (geralmente inferior a 100°C) num alimento, por determinado período de tempo, tendo como principal objetivo prolongar o período de vida útil desse alimento, pela eliminação e/ou redução da microbiota (formas vegetativas dos microrganismos patogênicos e alteradores) e, simultaneamente, da inativação de enzimas deteriorantes (FELLOWS, 2006).

A intensidade do tratamento térmico pode, contudo, induzir alterações não desejáveis nas características do produto, nomeadamente, perda de compostos de aroma e sabor, degradação térmica de nutrientes mais termossensíveis (como vitaminas) e cor, com perda de pigmentos ou

escurecimento não enzimático (possíveis caramelizações) (COSTA; VIEIRA, 2003; FREIRE et al., 2013; ZOU et al., 2012).

Desta forma, procura-se otimizar o binômio tempo/temperatura de pasteurização aplicada ao alimento, para garantir, não só a inativação enzimática e a destruição de microrganismos termossensíveis (bactérias e leveduras), mas também a retenção das propriedades dos alimentos, isto é, minimizar o impacto nos seus parâmetros de qualidade física, química, sensorial e nutricional (SILVA; GIBBS, 2012).

O binômio tempo/temperatura deve ser avaliado, para cada tipo de polpa, pois as frutas apresentam grande variabilidade entre si, possuindo características específicas de composição química e física. Avaliação da eficiência, quanto aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais do sistema alternativo de pasteurização lenta da polpa de mangaba, previamente envasada, foi, para pasteurização lenta da polpa de mangaba envasada, de 70°C por 15min, pois apresentou maior aceitação sensorial e intenção de compra (RIBEIRO et al., 2015).

A eficiência da pasteurização é dependente de diversos fatores como a fonte de calor utilizada no tratamento que pode ser, entre outras, água quente, vapor ou radiação ionizante (FELLOWS, 2006); ou, ainda, do tipo de alimento (ex. viscosidade, taxa de transferência de calor no alimento), composição química (ex. pH), contaminação microbiológica, resistência térmica dos microrganismos e enzimas de referência para um determinado produto, entre outras (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

Como tratamentos pelo calor visam eliminar ou reduzir, ao máximo, microrganismos e desnaturar a maior parte das enzimas presentes, as quais provocam alterações, muitas vezes, indesejáveis, a peroxidase (POD) e a polifenoloxidase (PPO) têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos produtos de origem

vegetal. Elas podem participar de reações oxidativas e de biodegradação associadas ao sabor, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos (VALDERRAMA et al., 2001).

As POD pertencem ao grupo das oxirredutases, e sua atuação nos alimentos é, relativamente complexa, produzindo peróxidos e conduzindo, indiretamente, à oxidação dos lipídios e, portanto a alterações sensoriais, à desnaturação das membranas biológicas e à degradação de macromoléculas, como: clorofilas, antocianinas e outros pigmentos. O fato de essa enzima ser altamente termorresistente a torna um indicador da eficiência em tratamentos térmicos (ROGEZ, 2000).

García-Reyes e Narváez-Cuenca (2010) estudaram os efeitos de pasteurização sobre a qualidade da polpa de araçá congelada e armazenada por 60 dias e observaram que, após a pasteurização, nenhuma alteração na cor, aroma e textura foi observada, no entanto o sabor, a vitamina C e atividade antioxidante (AA) foram afetados negativamente. Após 60 dias de armazenamento congelado, houve diminuição da AA, da vitamina C e compostos fenólicos, à exceção da polpa não pasteurizada, para o qual não houve diferenças na AA e compostos fenólicos, antes e depois dos 60 dias de armazenamento congelado.

Silva (2013), avaliando a aplicação de diferentes métodos de conservação (radiação gama, pasteurização e técnicas de desidratação chamadas de Atomização e liofilização), na polpa de juçara, verificou que o produto acidificado e pasteurizado, mantido congelado, exibe melhor qualidade físico-química e sensorial com longo período de vida útil.

2.6 Polpa de mangaba

Sendo um fruto de grande interesse por suas propriedades nutricionais e sensoriais, aliadas ao seu alto rendimento em polpa, a mangaba mostra-se com

grande potencial para fabricação de polpa de fruta congelada. Entretanto a literatura científica disponível não aborda os efeitos desse processamento e do armazenamento na sua qualidade. Os trabalhos publicados sobre a polpa de mangaba referem-se apenas à caracterização ou não foram publicados por periódico especializado.

Silva e Silva (2012) caracterizaram a polpa congelada de mangaba comercializada, em Aracaju (SE) e observaram que todas as amostras obedeceram à legislação quanto ao pH, sólidos solúveis e acidez total. Os valores de vitamina C variaram de 114,29 a 347,62 mg 100g⁻¹, umidade entre 85,2 e 91%, proteína entre 0,68 a 1,19% e cinzas entre 0,1 e 0,15%. Quanto ao aspecto microbiológico, amostras de uma marca estavam em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação vigente quanto a bolores e leveduras. Todas as amostras apresentaram altas contagens de bactérias aeróbias mesófilas.

Ferro (2012) avaliou a conservação da polpa de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) por métodos combinados (pasteurização, adição de conservantes e diferentes temperaturas de armazenamento) sobre as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais da polpa, durante 90 dias. Observou que todos os tratamentos atenderam às exigências estabelecidas pela legislação específica, exceto às polpas não pasteurizadas e refrigeradas. O processo convencional (sem pasteurização, sem aditivos e estocagem a -18°C) atende à legislação brasileira.

2.7 Efeitos da pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento na qualidade de frutos, polpas e outros derivados.

De modo geral, o processamento de vegetais leva a modificações indesejáveis nas suas características originais. Assim, a pasteurização, o congelamento e o armazenamento podem degradar nutrientes, compostos

bioativos, características físico-químicas e o perfil sensorial, dependendo das condições em que essas técnicas de conservação forem empregadas.

2.7.1 Características físico-químicas: pH, Acidez Titulável e Sólidos Solúveis

Os ácidos orgânicos são compostos naturais que influenciam fortemente as propriedades sensoriais de frutas e hortaliças, especialmente, no que diz respeito a sabor, cor e aroma. Eles são responsáveis pela acidez de frutas, que é classificada em relação ao cítrico (KADER, 2008). Além disso, os ácidos orgânicos afetam, indiretamente, o metabolismo fenólico, alterando o pH, agindo como precursores fenólicos e de sabor (GALDON et al., 2008; KADER, 2008).

O teor de sólidos solúveis (SS) correlaciona-se com os níveis de açúcares e ácidos orgânicos, sendo importante atributo de produtos frescos, já que os consumidores, em geral, preferem frutas mais doces (SILVA et al., 2010). Os SS, também, influenciam diretamente as propriedades físico-químicas responsáveis pela cristalização do gelo, tais como temperatura de início de congelamento, grau de super-resfriamento, nucleação e crescimento de cristais de gelo. A preservação do teor de SS é atribuída à menor concentração por polarização da água.

De acordo com Sahari, Mohsen e Zohreh (2004), modificações na acidez e pH podem ser influenciadas, dentre outros fatores, pelo tempo de armazenamento, reações enzimáticas e método de congelamento.

Martim et al. (2013) identificaram leve redução do pH, sem diferença estatística, na AT de polpas de cupuaçu, armazenadas congeladas por 12 meses.

Lima et al. (2012) relataram leve decréscimo, no teor de SS de polpas de acerola pasteurizadas e não pasteurizadas e armazenadas, congeladas por 12 meses.

Não foi observada diferença significativa entre congelamento lento e rápido, aplicado à polpa de coco verde, após armazenamento por 90 dias, o

qual permitiu estabilidade da cor, pH, acidez titulável, sólidos solúveis (SOARES et al., 2015).

2.7.2 Coloração

Os pigmentos naturais, tais como clorofilas, antocianinas e carotenoides, contribuem, para o aspecto visual dos alimentos, atributo de fundamental importância para sua aceitação e escolha pelos consumidores. Concomitantemente, esses pigmentos apresentam importantes funções e ações biológicas, podendo ser considerados promotores da saúde humana. A associação entre a ingestão de frutas e vegetais e a diminuição do risco de desenvolvimento de diversas desordens crônico-degenerativas já foi reconhecida, e os pigmentos formam um dos grupos de compostos bioativos aos quais são atribuídas tais ações (ROSSO; MERCADANTE, 2007).

Parâmetros tristímulos de cor Hunter L (variando de 0: preto a 100: branco), a* (variando de + a: vermelho ao -a: verde), b* (variando de +b: amarelo ao -b: azul) e outros índices obtidos dessa escala, são usados como indicadores da deterioração visual da cor e fornecem informações úteis ao controle de qualidade de frutas e seus produtos como polpa, sucos e néctares (LOZANO; IBARZ, 1996). Vários pesquisadores têm usado os parâmetros de cor para prever mudanças químicas originadas de reações de escurecimento e destruição de pigmentos em polpa de frutas (LOZANO; IBARZ, 1996).

Na avaliação da estabilidade da cor de polpa de acerola, congelada por métodos mecânico (convencional a $-22,1^{\circ}\text{C}$) e criogênico (imersão em vapor de N_2 a $-178,6^{\circ}\text{C}$ e em N_2 líquido a $-195,1^{\circ}\text{C}$), durante armazenamento por 120 dias a $-22,1^{\circ}\text{C}$, concluiu-se que o vapor de nitrogênio representa boa alternativa, para o congelamento da polpa de acerola, em virtude de melhor manutenção dos

seus pigmentos e de menor redução das alterações da cor do produto (AQUINO; CARNELOSSI; CASTRO, 2011).

Estudo realizado por Lima et al. (2012), com polpas de acerola pasteurizadas e não pasteurizadas, armazenadas sob congelamento ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$), durante 360 dias, indicou que as polpas não pasteurizadas apresentaram melhores características iniciais de coloração, porém, ao longo do armazenamento, observou-se, de modo geral, estabilidade de L^* , redução da coordenada a^* , variação na coordenada b^* , diminuição da cromaticidade e elevação de h^* que caracterizou amarelecimento das polpas durante armazenamento.

Silva et al. (2010) estudaram o armazenamento da polpa de bacuri, congelada por 12 meses e observaram que os valores de a^* e b^* não variaram, significativamente, com o tempo e ligeiro incremento nos valores de L^* indicando que a polpa ficou mais clara.

Estudando polpa de taperebá, submetida a diferentes tempos e temperaturas de pasteurização, Bastos et al. (2008) não observaram diferença significativa em relação ao controle.

Já estudo sobre os efeitos da pasteurização, na qualidade da polpa de arará congelada e armazenada por 12 meses, apontou que a pasteurização não provocou nenhuma alteração na coloração (DAMIANI et al., 2013).

2.7.3 Compostos bioativos

➤ Capacidade antioxidante (CA)

Os antioxidantes são agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. O termo radical livre é empregado, quando um átomo ou uma molécula apresentam um ou mais elétrons não pareados, constituindo-se espécies instáveis, com meia-vida muito curta e

que reagem, rapidamente, com diversos alvos celulares (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000).

Uma ampla definição de antioxidante é "qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz" (SIES; STAHL, 1995).

Os mecanismos de atuação dos antioxidantes podem ser diferenciados. Seus efeitos consistem na inativação dos radicais livres, na complexação de íons metálicos ou na redução dos hidroperóxidos para produtos incapazes de formar radicais livres e produtos de decomposição (SHAHIDI; NACZK, 1995). Em decorrência da eficiência parcial do sistema antioxidante endógeno do organismo humano, torna-se necessária a contribuição de antioxidantes exógenos, obtidos por meio da dieta (PIETTA; SIMONETTI; MAURI, 1998). Os antioxidantes, presentes nas plantas, podem atuar como agentes redutores, sequestradores de radicais livres, inibidores de enzimas e como quelantes de metais (WANG; LIN, 2000) e a maioria de seus efeitos, biologicamente ativos, são derivados das funções antioxidantes (VELIOGLU et al., 1998).

As substâncias antioxidantes desempenham papel fundamental, na prevenção de determinadas enfermidades, como doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, inflamações e outras relacionadas à ação de radicais livres (átomos ou moléculas com um ou mais elétrons não pareados) em nível celular. Tais moléculas são capazes de doar íons hidrogênio, formando radicais pouco reativos, anulando o potencial inicial dos radicais livres, altamente reativos (PEREIRA et al., 2015; SCALBERT; WILLIAMSON, 2000; SUN; HEILMANN; KONIG, 2015).

Os principais compostos descritos com CA da dieta são o ácido ascórbico (vitamina C), os compostos fenólicos, o β -caroteno, o α -tocoferol, o zinco, o manganês, o cobre e o selênio (KENNEDY, 2006; ZHANG et al., 2015)

e, dentre esses, os fenólicos e carotenoides são os que mais contribuem para as propriedades antioxidantes de alimentos (ZHANG et al., 2015).

Em decorrência dos diferentes tipos de radicais livres e das suas diferentes formas de atuação, dificilmente, existirá um método simples e universal pelo qual a CA possa ser medida precisa e quantitativamente. Assim, a busca por testes mais rápidos e eficientes tem gerado grande número de métodos para avaliar a CA natural pelo uso de uma grande variedade de sistemas geradores de radicais livres (ALVES et al., 2010). Vários métodos vêm sendo empregados, para determinação da CA em alimentos, os mais comumente utilizados, pela sua facilidade, rapidez e sensibilidade, envolvem compostos cromóforos que estimulam a redução de espécies reativas de oxigênio, na presença de antioxidantes e descolorem o radical cromóforo, sendo mais amplamente utilizados o ABTS e DPPH (ALI et al., 2008).

O processamento conduz, na maior parte das vezes, à degradação de características sensoriais e nutricionais e à inevitável perda parcial da capacidade antioxidante, pois afeta o conteúdo, a atividade e a biodisponibilidade dos componentes bioativos dos alimentos (CARVALHO et al., 2000; MAIA et al., 2007; NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

Em estudo com mangaba armazenada sob refrigeração, durante 20 dias, identificou-se redução da CA (% SRL DPPH), sendo 62% de redução já no primeiro dia. Os autores atribuíram essa redução à diminuição de compostos antioxidantes como vitamina C e compostos fenólicos presentes no fruto (LIMA et al., 2015a).

Porém, em alguns estudos sobre o efeito do processamento, congelamento e armazenamento de polpas de frutas têm-se relatado alta retenção da CA. O congelamento e armazenamento por 3 mês induziu à pequena redução da CA equivalente ao trólox (7,29%) em polpa de morango (FREIRE et al., 2013). Em polpa de acerola de dois clones, a CA manteve-se, praticamente inalterada, até o final de dez meses de armazenamento congelado (OLIVEIRA et al., 2011).

Polinati, Faller e Fialho (2010) avaliaram a influência de congelamento a -18°C e a -70°C e o tempo de armazenamento (0-10 dias), na atividade antioxidante de extratos de maçã e laranja, com e sem adição de Ácido ascórbico e observaram que o congelamento a baixas temperaturas, durante até 10 dias de armazenamento, pode manter CA desses extratos. Num estudo com laranjas, Rapisarda et al. (2008) observaram que o armazenamento congelado aumentou a CA total das amostras.

Bof et al. (2012) estudaram o efeito do processamento e do congelamento sobre a capacidade antioxidante da uva, goiaba e figo, durante 90 dias. Observaram que uma temperatura de armazenamento de -15°C não provoca diferença significativa, na CA da polpa de uva e figo, mas aumentou a capacidade antioxidante da polpa de goiaba. Esses resultados indicam que, mesmo após processamento e armazenamento congelado, as polpas podem apresentar alta capacidade antioxidante.

➤ **Vitamina C**

A vitamina C, essencial aos humanos, precisa ser obtida, por meio da alimentação, para suprir as necessidades nutricionais diárias. Ela é amplamente encontrada em frutas e vegetais na forma de ácido ascórbico ou na forma oxidada, ácido de-hidroascórbico. Entre suas funções no organismo humano estão a participação, na produção de colágeno, no metabolismo da tirosina, na biossíntese de carnitina, no metabolismo do colesterol e na absorção de ferro não heme (DAVEY, 2000)

Além disso, a vitamina C age como sequestrante de espécies reativas do oxigênio, formadas, em geral, durante o metabolismo normal das células. O ácido ascórbico doa elétrons a espécies reativas como: hidroxil, peroxil, superóxido, peroxinitrito e oxigênio singlet, formando compostos menos

reativos. Os produtos da oxidação do ácido ascórbico (radical ascorbila e dehidroascórbico) são pouco reativos, quando comparados a outros radicais livres. Essa propriedade torna o ácido ascórbico um eficiente antioxidante, capaz de eliminar espécies altamente reativas e formar um radical de reatividade baixa (DAVEY, 2000). Atua, ainda, como cofator em numerosas reações fisiológicas e bioquímicas, na expressão do gene do colágeno, síntese de hormônios adrenais e norepinefrina (BENDER 2003; MACCORMICK; SUTTIE, 2013).

Por causa da sua hidrossolubilidade, a vitamina C atua como antioxidante, em ambientes aquosos, mas tem ação limitada na prevenção da peroxidação lipídica em ambientes lipofílicos. No entanto a vitamina C está envolvida, na regeneração do α -tocoferol oxidado (DAVEY, 2000) e atua, indiretamente, na proteção contra a lipoperoxidação.

Quando a vitamina C é mantida, durante o processamento e armazenagem, implica que as condições tenham sido, relativamente leves, para que outros nutrientes, também, sejam retidos. Portanto a vitamina C é, frequentemente utilizada, como composto indicador do efeito do processamento e armazenamento na qualidade dos alimentos.

A degradação do ácido ascórbico pode ocorrer, em condições aeróbicas ou anaeróbicas, ambas levando à formação de pigmentos escuros e, também, pela ação da luz. Sua estabilidade aumenta com a diminuição da temperatura (PERERA; BALDWIN, 2001).

Muitas pesquisas reportam pequenas perdas de vitamina C, em polpas de frutas congeladas, durante o armazenamento, com reduções de 7,3%, 4,5% e 5,8%, em polpas de acerola, armazenadas durante 120 dias, congelados pelo método convencional, N₂ e vapor de N₂ líquido, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2013). Redução no teor de vitamina C de polpas de diferentes clones de acerola (mínimo de 9,8% e máximo de 34,18%), no final dos 330 dias de armazenamento congelado, foi observada por Hiwilepo et al. (2012), enquanto,

em polpa de cupuaçu armazenada congelada, durante 12 meses, não foi observada perda de vitamina C (MARTIM et al., 2013). É possível até mesmo seu incremento, após congelamento e tratamento térmico; isso é aceitável, pois o calor pode eliminar a oxidação enzimática da vitamina C, em consequência da inativação do ácido ascórbico oxidase (LEONG; OEY, 2012).

➤ **Carotenoides**

São, também, substâncias bioativas, com efeitos benéficos à saúde e alguns deles apresentam atividade pró-vitáminica A. Os carotenoides dos alimentos são tetraterpenoides C₄₀, formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenoides C₅, exceto na posição central, onde a junção ocorre, no sentido cauda-cauda, invertendo, assim, a ordem e resultando numa molécula simétrica. A característica de maior destaque, nessas moléculas, é um sistema extenso de duplas ligações conjugadas, responsável por suas propriedades e funções tão especiais. Este sistema e o cromóforo conferem aos carotenoides as suas atraentes cores (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000).

A cadeia polieno pode apresentar grupos terminais cíclicos, que apresentam substituintes contendo oxigênio. O sistema conjugado é rico em elétrons do polieno e responsável pela atividade antioxidante dos carotenoides: tanto na absorção do oxigênio singlet quanto de radicais livres, para interromper as reações em cadeia nas quais eles estão envolvidos (McNULTY et al., 2007; QUIRÓS; COSTA, 2006; SIKORA et al., 2008). A presença dessas ligações, também, facilita a oxidação dos carotenoides, o que provoca perda da coloração nos alimentos. É por serem facilmente oxidados que apresentam atividade antioxidante. Além da proteção celular e *in vitro* contra oxigênio singlet, os carotenoides inibem a peroxidação de lipídeos em baixas pressões de oxigênio. A eficiência como antioxidante varia entre os diferentes carotenoides, sendo o

licopeno considerado o mais eficiente como capturador de oxigênio singlet (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

O conteúdo de carotenoides dos vegetais pode ser afetado por uma série de fatores como o grau de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, agrotóxicos, exposição à luz solar, as condições de processamento e a estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000).

A retenção ou perda percentual dos carotenoides, durante o processamento e estocagem de alimentos, tem sido relatada em numerosas publicações. Entretanto os dados publicados mostram algumas inconsistências ou são de difícil interpretação (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). Felizmente, mesmo com inadequações experimentais e discrepância nos dados, tem sido possível chegar a algumas conclusões: a biossíntese dos carotenoides pode continuar, após a colheita, aumentando o teor de carotenoides em frutas, hortaliças e tubérculos, desde que o material seja mantido intacto, preservando o sistema enzimático responsável pela carotenogênese; os carotenoides se encontram, naturalmente protegidos, no tecido vegetal. O corte e a trituração das frutas e hortaliças acarretam a liberação de enzimas que catalisam a oxidação, bem como aumentam a exposição dos carotenoides ao oxigênio; logo a estabilidade dos carotenoides depende da matriz do alimento e pode diferir de alimento para alimento, mesmo em se tratando das mesmas condições de processamento ou estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

A retenção dos carotenoides aumenta, se forem reduzidos as temperaturas e os tempos do tratamento térmico e os tempos transcorridos entre o descasque, cortes ou homogeneização e o aquecimento ou consumo; o congelamento, de modo geral, preserva os carotenoides, porém o descongelamento lento pode ser prejudicial (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

Agostini-Costa, Abreu e Rosseti (2003) estudaram o efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenoides e observaram que a polpa de acerola apresentou boa retenção dos carotenoides pró-vitamínicos, após estocagem congelada, por um período de 11 meses e o congelamento rápido por imersão em álcool preserva a estabilidade do β -caroteno na polpa congelada de acerola.

Os carotenoides de polpa de araticum foram avaliados, quanto aos efeitos da pasteurização e congelamento, durante 180 dias de armazenamento. Os teores de *all-trans- α -caroteno* e *all-trans- β -caroteno* e o valor de vitamina A aumentaram nas polpas pasteurizadas (média: 6,5%, 33,0% e 33,5 %, respectivamente) (SILVA; CARDOSO; PINHEIRO-SANT'ANA, 2015)

➤ **Compostos Fenólicos**

Os compostos fenólicos são biossintetizados, por meio das vias fenilpropanóides e flavonoides, originados, a partir de fenilalanina, que estão entre as mais caracterizadas vias metabólicas secundárias em plantas (DAVIES; SCHWINN, 2003). Eles são classificados, de acordo, principalmente, com o número de anéis de fenol que contêm (ácidos fenólicos, estilbenos, flavonoides, lignanas e taninos). Essas substâncias têm um ou mais grupos hidroxila, diretamente, ligados a um anel aromático caracterizando, assim, a estrutura fenólica (VERMERRIS; NICHOLSON, 2006).

Estudos sugerem que uma dieta rica em compostos fenólicos pode evitar os danos oxidativos que levam ao envelhecimento e a doenças relacionadas com a idade, pela eliminação dos radicais livres do metabolismo celular (KUROSUMI et al., 2007). Com relação aos efeitos biológicos (antioxidante, antivirais, antimicrobianos, antitumorais e atividades antibacterianas), os compostos fenólicos são conhecidos por participar da proteção contra ações

prejudiciais de espécies reativas de oxigênio (LUO et al., 2011; SUN; HEILMANN; KONIG, 2015). São, ainda, importantes contribuintes para qualidade sensorial de frutas frescas (CHEYNIER, 2005).

Porém a quantidade e qualidade dos fenólicos, presentes nos alimentos, podem variar, significativamente, por diferentes fatores, tais como genética da planta e cultivar, composição do solo e as condições de cultivo, estado de maturidade e condições de pós-colheita, entre outros (JAFFERY et al., 2003).

O efeito do processamento nos compostos fenólicos pode diferir muito, quanto à sua concentração, estrutura química, estado de oxidação, localização na célula, possíveis interações com outros componentes dos alimentos e do tipo de tratamento térmico aplicado. O processamento pode ser responsável por um aumento, diminuição ou pequenas alterações no conteúdo e na funcionalidade desses compostos (VAN BOEKEL et al., 2010). A redução de compostos fenólicos pode ocorrer pela degradação oxidativa, durante o processamento de polpa de frutas, como resultado da liberação e ação da polifenoloxidase (MANACH et al., 2004).

Assim, diferentes estudos com frutas, polpas e derivados de vegetais relatam diferentes estabilidades para os fenólicos, desde perdas de 100%, a partir do segundo mês de estocagem, em polpa de araçá (DAMIANI et al., 2013) a perdas de 22,03% para polpa de amora preta armazenada por 3 meses (JACQUES et al., 2010).

Vallverdú-Queralt et al. (2012) identificaram aumento do ácido cafeico em tomates, quando submetidos ao tratamento térmico, indicando que o calor pode aumentar a disponibilidade desse ácido, porém mostrou instabilidade ao armazenamento prolongado; já a rutina mostrou-se instável ao calor.

A grande instabilidade dos ácidos hidroxicinâmicos (clorogênico, cafeico e *p*-cumárico), ao longo do período de armazenamento, pode ser por causa do

processo de oxidação catalítica desses ácidos para *o*-quinonas reativas, que podem interagir com grupos NH₂ e SH de aminoácidos (FRIEDMAN, 1992).

A redução de compostos fenólicos individuais, em polpa de frutas (sem pasteurizar e pasteurizado), tem sido relatada em polpas de morango (ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ et al., 2014), amora preta (JACQUES et al., 2010), suco de laranja processado, em escala industrial, após congelamento (GIL-IZQUIERDO; GIL; FERRERES, 2002), enquanto Holzwarth et al. (2012) não observaram diferença significativa no teor de ácido *p*-cumárico e quercetina, em morangos inteiros, submetidos ao congelamento em freezer -18°C e em nitrogênio líquido (HOLZWARTH et al., 2012)

➤ **Atividade enzimática**

A polifenoloxidase (PPO; EC 1.10.3.1) e a peroxidase (POD; EC 1.11.1.7) estão presentes em grande grupo de frutas e vegetais. Elas fazem parte de um grande número de enzimas conhecidas como oxiredutases, podendo promover uma variedade de reações, principalmente, a peroxidase (CLEMENTE; PASTORE, 1998). A investigação desse grupo de enzima tem sido de grande importância, para a tecnologia de alimentos, uma vez que a continuidade da atividade enzimática pode ocasionar mudança na cor, variações de aroma, alterações no teor de vitaminas e até modificações na textura (CLEMENTE; PASTORE, 1998; EVANGELISTA, 2001; LAURENTE; CLEMENTE, 2005; VALDERRAMA et al., 2001).

Após o corte ou processamento, as enzimas peroxidase e a polifenoloxidase podem causar, além de escurecimento, perdas nutricionais, mudanças indesejáveis no aroma, sabor, textura e cor, pelas reações de oxidação e de biodegradação (MANTOVANI; CLEMENTE, 2010). A temperatura e

tempo de armazenamento afetam, significativamente, o escurecimento e a atividade da PPO e POD (MENOLLI et al., 2008).

A literatura reporta alta resistência das enzimas PPO e POD ao calor (PARKER et al. 2010; ZHANG; SHAO, 2015), mas também que o tratamento térmico adequado é eficiente na redução da atividade dessas enzimas (PARKER et al., 2010; VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007). O objetivo do processamento térmico é a sua inativação de enzimas e a retenção máxima de nutrientes e das características sensoriais (ZANATTA; ZOTARELLI; CLEMENTE, 2006).

➤ **Polifenoloxidase (PPO)**

Quando esmagada, cortada ou triturada, a maioria das frutas pode ficar escura rapidamente. Tal descoloração tem origem em reações catalisadas pela PPO (ARAÚJO, 1999). Essa enzima possui cobre (Cu^{++}) no núcleo ativo e funciona como uma oxidase de função-mista que catalisa dois tipos diferentes de reação. A primeira reação, monoxigenase, atua na hidroxilação de monofenóis para di-hidroxifenóis; a segunda, oxidase, leva à oxidação de difenóis em *o*-quinonas (PINELI; MORETTI, 2007).

Investigações que buscam avaliar o efeito de tratamentos térmicos sobre a atividade de PPO de morangos tem revelado que essa é uma enzima extremamente resistente ao calor (DE LOS ANGELES SERRADELL et al., 2000; TEREFE et al., 2010).

Estudo sobre estabilidade da PPO, em polpa de cupuaçu congelada sem pasteurização e armazenada congelada por 12 meses, registrou aumento da atividade, em função do aumento do tempo de estocagem (MARTIM et al., 2013). Ao estudar a cinética da inativação da PPO, em seu meio natural, polpa de morango (cultivares Aroma e Festival), usando calor e alta pressão, Terefe et al. (2010) observaram que, embora vários estudos na literatura relatem que PPO

de diferentes fontes, incluindo morango, seja sensível ao calor, PPO das cultivares estudadas exibiu muito a alta resistência térmica. Já Vanini, Kwiatkowski e Clemente (2010) verificaram maior sensibilidade da PPO a temperaturas elevadas (90°C) e maior tempo (10 min.) em polpas de abacate.

➤ **Peroxidase (POD)**

Há diversos estudos que descrevem a ação da POD em substâncias que produzem cores vivas na oxidação, mas essa ação pode causar grande variedade de reações degradativas, tendo uma versatilidade tão elevada que não é suplantada por qualquer outra enzima. Em geral, aceita-se que POD, ao contrário de outras enzimas, não é inativada pelo calor (CLEMENTE; PASTORE, 1998; LUIZ; HIRATA; CLEMENTE, 2007). Portanto a atividade de POD é usada, em muitas indústrias de alimentos, como um padrão de branqueamento (HALPIN et al., 1989). A perda da sua atividade enzimática, em um produto pasteurizado, indica uma perda correspondente da atividade para outras enzimas de deterioração (ESKIN, 1990). A inativação da POD, no extrato vegetal é, geralmente, não linear, quanto ao tempo, em função da temperatura, que ocorre, provavelmente, pela presença de isoperoxidase com estabilidades diferentes em relação à temperatura (WEEMAES et al., 1998).

Porém em estudo que avaliou o efeito do calor sobre a atividade da POD, em polpas de morango, observou-se baixa estabilidade térmica da enzima, nas cultivares de morango “Festival” e “Aroma”, alcançando inativação completa, após 5 min de tratamento a 60 e 70°C nas cv “Festival” e “Aroma”, respectivamente (TEREFE et al., 2010).

➤ **Compostos voláteis**

Os aromas são misturas complexas, os quais exercem fortes sensações de odor, ainda que presentes em baixas concentrações, sendo, portanto os compostos voláteis os responsáveis pelo aroma percebido em uma matriz (ALVES; FRANCO, 2003; FRANCO, 2003). Compostos voláteis que formam o aroma das frutas (álcoois, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos, furanos, terpenos, etc) são produzidos, por meio de vias metabólicas, durante a colheita, pós-colheita e armazenamento e dependem de muitos fatores relacionados à espécie, variedade e tipo de processamento (DE ANCOS et al., 2006).

A percepção do aroma depende do impacto individual de cada composto, mas, geralmente, é o resultado do balanço global entre eles. Nenhum constituinte individual é, totalmente responsável, pelo aroma característico de uma determinada matriz, mas, em alguns produtos, existem um ou mais componentes que, sozinhos, lembram a qualidade característica de seu aroma e são chamados de compostos caráter de impacto. Os demais compostos necessários, para obtenção do sabor pleno, são chamados de compostos contribuintes (FRANCO, 2003).

Os compostos voláteis podem ser utilizados, em diferentes contextos e, dentre suas diversas aplicações, pode-se destacar o seu uso na indústria alimentícia, como na caracterização, reconstituição e formulação de aroma com maior fidelidade ao aroma natural de um alimento (FRANCO, 2003).

Perdas de compostos voláteis, em virtude da pasteurização, mesmo em pequenas quantidades, são importantes para o aroma do produto. Além disso, compostos de aroma podem ser desenvolvidos no produto, em consequência do tratamento térmico (FELLOWS, 2006) e, no armazenamento, pode ocorrer perda dos compostos responsáveis pelo aroma e, também, o acúmulo de produtos

indesejáveis e indicadores do desenvolvimento de *off-flavors* (odor e gosto indesejável) (PÉREZ; SANZ, 2001).

Durante o período de armazenamento congelado, pequenas oscilações na temperatura podem levar à recristalização da água, induzindo a uma variedade de mecanismos prejudiciais, incluindo desidratação, oxidação, sinérese, degradação do aroma e degradação da textura, dependendo da extensão dos ciclos de congelamento-descongelamento e do tipo de alimento em questão. Ciclo de congelamento e descongelamento provoca a formação de cristais de gelo maiores, o que é, extremamente prejudicial, para os tecidos e, conseqüentemente, leva a alterações de aroma (KAEWTATHIP; CHAROENREIN, 2012).

Lima et al. (2015a) estudaram o efeito de diferentes temperaturas de refrigeração, ao longo de 20 dias de armazenamento, sobre os compostos voláteis da mangaba e identificaram que o grupo controle, sem armazenamento, apresentou maiores porcentagens de área para ésteres.

Ciclos de congelamento-descongelamento tiveram um efeito claro sobre a concentração de compostos voláteis no abacaxi, quando o número de ciclos aumentava, os compostos voláteis totais diminuíram. Isto era esperado, uma vez que as células de frutas são danificadas por congelamento, levando à perda de aroma pela oxidação desses compostos de aroma (KAEWTATHIP; CHAROENREIN, 2012).

Em avaliação dos compostos aromáticos de cultivares de framboesa identificou-se que nem o congelamento nem as condições de armazenamento (-20°C, por 12 meses) influenciaram, negativamente, o aroma, inclusive, aumentaram a percepção do aroma de framboesa (DE ANCOS et al., 2000). Já a intensidade de compostos voláteis de morango e polpa, submetidos ao congelamento/descongelamento, foi muito maior, após armazenamento (MODISE, 2008). Em outros estudos relataram-se aumento, nas concentrações

de linalool em morangos e polpa, submetidos aos tratamentos de congelamento e descongelamento (LARSEN; WATKINS, 1995) e, ainda, quando submetidos à alta pressão (BERMEJO-PRADA et al., 2015). Esses autores indicam que esse aumento pode ser atribuído a atividade da β -glicosidase, durante armazenamento, pois essa enzima atua na liberação de voláteis em frutos.

➤ **Características Microbiológicas**

A maior parte da microbiota presente nas frutas reside, em sua parte externa, sendo o seu interior, praticamente estéril, a menos que haja ruptura em alguma parte da casca. Em virtude das frutas e seus derivados serem, em geral, alimentos ácidos, restringe a microbiota deterioradora, especialmente, os microrganismos patogênicos. A microbiota, normalmente presente, constitui-se em bolores, leveduras, bactérias lácticas e outros microrganismos ácido tolerante (SIQUEIRA; BORGES, 1997).

A microbiota, que contamina os produtos de frutas, é, normalmente, proveniente das condições da matéria-prima e da lavagem às quais ela é submetida, além das condições higiênico-sanitárias dos manipuladores, equipamentos e ambiente industrial em geral (SOUZA; CARNEIRO; GONSALVES, 2011).

A agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA), por meio da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), define os padrões microbiológicos para cada alimento. As polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, possuem parâmetros somente para coliformes a 45°C e para *Salmonella ssp.*, com no máximo 10^2 UFC g⁻¹ e ausência em 25 g, respectivamente, não apresentando, assim, limite para a contagem padrão total e para bolores e leveduras. Contudo a literatura reporta resultados de estudos que apresentam elevadas contagens

desses microrganismos, demonstrando ser discutível a não adoção desses critérios na avaliação da qualidade de sucos, refrescos, néctares e polpas de frutas nesta resolução (SEBASTIANY; REGO; VITAL, 2009). A legislação vigente, no âmbito do Ministério da Agricultura (Instrução Normativa nº1, de 07 de janeiro de 2000) (BRASIL, 2000), por sua vez, fixa os limites máximos microbiológicos, para polpa de frutas, tais como: bolores e leveduras: máximo 5×10^3 UFC g^{-1} para polpa *in-natura*, congelada ou não e 2×10^3 UFC g^{-1} para polpa, conservada quimicamente, e/ou que sofreu tratamento térmico; coliformes termotolerantes: máximo $1 g^{-1}$; *Salmonella ssp.*: ausente em 25 g.

Em geral, quanto mais baixa é a temperatura de armazenagem de polpas de frutas mais baixa é a taxa de degradação. Apesar da reduzida atividade da água à temperatura de congelamento, existe sempre água residual (livre) que não fica congelada e está disponível para reagir. Adicionalmente, o congelamento e o armazenamento congelado não inativam enzimas e têm efeitos diversos, nos microrganismos, visto que os diferentes tipos de microrganismos, também, apresentam resistências diferentes às baixas temperaturas (FELLOWS, 2006).

Silva et al. (2010), estudando a estabilidade da polpa de bacuri, encontraram qualidade satisfatória, nos resultados das análises microbiológicas das amostras, submetidas ao congelamento, de acordo com os padrões de identidade e qualidade, para polpa de frutas, enquanto Sebastiany, Rego e Vital (2009), ao avaliar a qualidade microbiológica de polpas de frutas congeladas, observaram que a maioria estava em desacordo com os padrões brasileiros, para bolores e leveduras e que as polpas sem pasteurizar apresentaram maior índice de inadequação que as pasteurizadas. A avaliação de polpas de frutas congeladas, produzidas no município de Russas/CE, indicou que as polpas encontravam-se dentro dos padrões estabelecidos quanto a coliformes totais e termotolerantes e *Salmonella sp.*, porém 50% das amostras apresentaram valores acima do permitido, para bolores e leveduras, evidenciando que as condições

higiênicas, durante o processamento, operações de limpeza, escolha de matérias-primas e condições de armazenamento não seguiram as boas práticas de fabricação (BPF) (SOUZA; CARNEIRO; GONSALVES, 2011).

➤ **Características sensoriais**

A busca dos consumidores por alimentos funcionais tem, recentemente, exigido a busca de inovações, na indústria de sabor, pois o alimento funcional bem-sucedido deve oferecer tanto substâncias funcionais para a promoção da saúde como atributos sensoriais desejáveis para satisfazer as necessidades dos consumidores (SUN-WATERHOUSE; WADHWA, 2013).

A necessidade de aplicar tecnologias de conservação, para aumentar a vida de prateleira de frutas, muitas vezes, provoca alterações em suas características originais, dependendo do tipo e condições do processamento, bem como do tempo de armazenamento empregado. A pasteurização visa prolongar o período de vida útil, por meio da eliminação e/ou redução da microbiota e inativação de enzimas deteriorantes (FELLOWS, 2006). Entretanto a intensidade do tratamento térmico pode provocar modificações em frutos e derivados como perda de compostos de cor, aroma e sabor (GARCÍA-REYES; NARVAEZ-CUENCA, 2010). O congelamento, por sua vez, também, induz alterações que são influenciadas pelo método empregado, velocidade de congelamento, quer pela temperatura e umidade relativa praticada, durante o armazenamento e pela duração do período de conservação sob essas condições (POIANA et al., 2010). Segundo a literatura, congelamentos mais rápidos dão origem a produtos de maior qualidade, nos quais há uma maior preservação de todos os componentes celulares (BRENNAN, 2006; POIANA et al., 2010; SYAMALADEVI, 2011).

A avaliação sensorial de alimentos processados é fundamental, pois emprega métodos e técnicas que permitem perceber, mostrar, medir, analisar,

identificar e interpretar as modificações sensoriais sofridas por um alimento, mediante os órgãos dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (GULARTE, 2002). Os testes sensoriais são capazes de identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, definirem características sensoriais importantes de um produto de forma rápida, e serem capazes de detectar particularidades, dificilmente detectadas, por outros procedimentos analíticos.

Diferentes testes sensoriais podem ser aplicados, em estudos de determinação da qualidade de um alimento, como forma de complementação um do outro.

A técnica do domínio temporal de sensações (TDS) permite avaliar vários atributos sensoriais, simultaneamente, ao longo do tempo e permite a obtenção de sequências de sensações (PINEAU et al., 2009; RÉVÉREND et al., 2008). Com esse método descritivo sensorial, os julgadores avaliam qual a sensação é dominante e marcam sua intensidade, ao longo do tempo, até que a sensação termine ou outra apareça como dominante (LABBE et al., 2009). Segundo Albert et al. (2012), essa técnica permite avaliar o impacto que cada aspecto da percepção tem sobre o consumidor, no momento do consumo e os resultados podem ser relacionados à aceitação.

O método da escala do ideal mede a quantidade ideal de um determinado componente a ser adicionado para melhorar a aceitação e preferência de um produto. É o método afetivo mais aplicado, tanto pela confiabilidade e validade de seus resultados quanto à simplicidade de aplicação. Nessa análise, a equipe de julgadores avalia as amostras e registram suas respostas, em escala específica, o quão ideal essas amostras encontram-se, em relação ao atributo que se desejam avaliar (por exemplo, doçura, textura e outros) (SOUZA; CARNEIRO; GONSALVES, 2011). Estudos com a finalidade de identificar a concentração ideal de sacarose a ser adicionada em néctares têm sido realizados e diferentes concentrações de sacarose encontradas para cada fruto (BRAGA; CONTI-

SILVA, 2014; FREITAS; DUTRA; BOLINI, 2014; FREITAS et al., 2013; GONÇALVES et al., 2017).

Os testes afetivos estão inseridos, nos métodos sensoriais, que buscam a opinião do consumidor, como aceitação ou preferência do produto, podendo ser analisados de forma individual ou relacionados a outros produtos (BERGARA-ALMEIDA; SILVA, 2002).

Estudos sensoriais com consumidores são mais interessantes pelo fato de serem os que, na realidade, decidem pela aceitação do produto depois de certo tempo de estocagem (HOUGH et al., 2003). Para mensurar a aceitação de um produto, a escala hedônica de nove pontos é o método mais usual e utilizado, extensivamente, com uma grande variedade de produtos e com considerável sucesso, por ser, facilmente compreendido, pelos julgadores, por fornecer informações sobre os produtos, além de determinar a aceitação, em caso de modificações na formulação, nos processamentos, matérias-primas, embalagens, condições de estocagem e no tempo de conservação (STONE; SIDEL, 2004).

Ferreira, Mata e Braga (2000) avaliaram, durante 180 dias, a aceitação da aparência, cor, aroma e sabor da polpa de umbu maduro e do suco da polpa, após congelamento por três diferentes métodos (freezer convencional, unidade criogênica e imersão em nitrogênio líquido a -196°C). Concluíram que os provadores preferem, quanto à aparência e cor, a polpa congelada, inicialmente a -110°C e a -196°C , embora para a cor essa preferência desapareça com o tempo de armazenamento. Quanto ao odor e sabor da polpa de umbu congelada, os provadores não identificaram diferenças entre os três métodos de congelamento, indicando estabilidade desses atributos durante o período de armazenamento.

Em avaliação da aceitação de polpas de laranja congeladas, por três diferentes métodos: congelamento mecânico em freezer doméstico a -21°C , por injeção de vapor de nitrogênio a -170°C e sob imersão em nitrogênio líquido a -

196°C não se identificaram diferenças significativas nos atributos aparência, sabor, textura e impressão global. Apenas o atributo aroma apresentou diferença significativa com maior aceitação pelas amostras congeladas em freezer e por injeção de vapor de nitrogênio (SOUZA; CARNEIRO; GONSALVES, 2011).

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 56–58, 2003.
- ALBERT, A. et al. Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 24, n. 1, p. 111–118, 2012.
- ALI, S. S. et al. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, Barking, v. 41, n. 1, p. 1–15, 2008.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, Aug. 2011.
- ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, M. et al. Effects of the strawberry (*Fragaria ananassa*) purée elaboration process on non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant activity. **Food Chemistry**, London, v. 164, p. 104–112, 2014.
- ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gás chromatographymass spectrometry of volatile compounds in murici (*Bysonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chrtomatography A**, Oxford, v. 985, p. 297-301, 2003.
- AQUINO, A. C. M. S.; CARNELOSSI M. A. G.; CASTRO A. A. Estabilidade do ácido ascórbico e dos pigmentos da polpa de acerola congelada por método convencional e criogênico. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 154-163, 2011.
- ARAÚJO, I. A. et al. **Mangabeira**: características físicas de frutos da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) cultivada na Zona da Mata Paraibana. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Mangabeira/index.htm>. Acesso em: 8 nov. 2016.

- ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**. Viçosa, MG: UFV, 1999.
- ASSUMPÇÃO, C. F. et al. Néctar misto de mangaba (*Hancoria speciosa* Gomes) e cagaita (*Eugenia dysenterica*): perfil sensorial e características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 219-224, 2013.
- AZCARATE, C. E.; BARRINGER, S. A. Effect of enzyme activity and frozen storage on jalapeno pepper volatiles by selected ion tube-mass spectrometry. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 710-721, 2010.
- BASTOS, C. T. R. M. et al. Estudo da eficiência da pasteurização da polpa de taperebá (*Spondias mombin*). **Alimentos e Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 123-131, 2008.
- BENDER, D. A. **Vitamin C (ascorbic acid), in Nutritional biochemistry of the vitamins**. Cambridge: Cambridge University, 2003.
- BERGARA-ALMEIDA, S.; SILVA, M. A. A. P. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. **Food Quality and Preference**, Barking, n. 13, v. 1, p. 57-64, 2002.
- BERMEJO-PRADA, A. et al. Effect of hyperbaric storage at room temperature on the volatile profile of strawberry juice. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 62, p. 906-914, 2015.
- BEZERRA, T. S.; FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V. Effects of added sucrose and pectin on the rheological behavior and freezing kinetics of passion fruit pulp studied by response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 52, n. 6, p. 3350–3357, 2015.
- BOF, C. M. J. et al. Effect of freezing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Heidelberg, v. 55, p. 107–114, 2012.
- BRAGA, H. F.; CONTI-SILVA, A. C. Determinação da doçura ideal em néctar de mamão adicionado de açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 723–727, 2014.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

BRENNAN, J. G. **Food processing handbook**. Weinheim: Verlag, 2006. p. 85-95.

CARDOSO, M. C. et al. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: Nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, Paris, v. 69, p. 89–99, 2014.

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

CARVALHO, R. A. et al. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21 p. (Documentos, 49).

CHASSAGNE-BERCES, S. et al. Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing. **Food Research International**, Barking, v. 42, p. 788-797, 2009.

CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 223S–229S, 2005.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 167-171, 1998.

COSTA, T. A.; VIEIRA, R. F. **Polpa congelada de acerola: conveniência e qualidade nutricional**. 2003. Disponível em: <www.clubedofazendeiro.com.br>. Acesso em: 18 ago. 2016.

DAMIANI, C. et al. Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, p. 19-27, 2013.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4th ed. Boca Raton: CRC, 2008. 1144 p.

DAVEY, M. W. function metabolism bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 80, n. 7, p. 825-860, 2000.

DAVIES, K. M.; SCHWINN, K. E. Transcriptional regulation of secondary metabolism. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30, p. 913–925, 2003.

DE ANCOS, B. et al. Frozen storage effects on Anthocyanins and volatile compounds of raspberry Fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 873-879, 2000.

DE ANCOS, B. et al. Fruit freezing principles. In: HUI, Y. H. **Handbook of fruits and fruit processing**. Amsterdam: Blackwell, 2006. p. 59–79.

DE LOS ANGELES SERRADELL, M. et al. Polyphenoloxidase activity from strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, Duch., cv Selva): characterisation and partial purification. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 80, p. 1421–1427, 2000.

DUTRA, M. B. L.; BOLINI, H. M. A. Acerola nectar sweetened with different sweeteners: ideal and equivalent sweetness. **CyTA – Journal of Food**, México, v. 12, p. 277–281, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisas com catadoras de mangaba são reconhecidas como tecnologia social pelo BB**. 2011. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2011/outubro/2a-semana/pesquisas-com-catadoras-de-mangaba-sao-reconhecidas-como-tecnologia-social-pelo-bb/>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

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

ESKIN, N. A. M. **Biochemistry of foods**. 2. ed. London: Academic, 1990. p. 506-507.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

FANIADIS, D.; DROGOUDI, P. D.; VASILAKAKIS, M. Effects of cultivar, orchard elevation, and storage on fruit quality characters of sweet cherry (*Prunus avium* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 125, n. 3, p. 301–304, 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Tradução Florencia Cladera Oliveira. 2. ed. Porto Alegre: BR, 2006.

FERREIRA, J. C.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenada em câmaras frigoríficas **Revista Brasileira De Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.

FERRO, J. H. A. **Conservação da polpa de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) por métodos combinados**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

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

FREIRE, J. M. et al. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, Dec. 2013.

FREITAS, A. C.; FIGUEIREDO, P. **Conservação de alimentos**. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2000.

FREITAS, M. L. F.; DUTRA, M. B. L.; BOLINI, H. M. A. Development of pitanga nectar with different sweeteners by sensory analysis: ideal pulp dilution, ideal sweetness, and sweetness equivalence. **Food Science and Technology**, London, v. 34, p. 174–180, 2014.

FRIEDMAN, M. Dietary impact of food processing. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 12, p. 119–137, 1992.

GALDON, B. R. et al. Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 15, p. 6512–6519, 2008.

GARCÍA-REYES, R. H.; NARVAEZ-CUENCA, C. E. The effect of pasteurization on the quality of frozen arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) pulp. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 33, p. 632–645, 2010.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 5011 p.

GIL-IZQUIERDO, A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Effect of processing techniques at industrial scale on Orange juice antioxidant and beneficial health compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 18, p. 5107-5114, 2002.

GOMES, E. D. B.; RAMALHO, S. A.; GUALBERTO, N. C. A rapid method for determination of some phenolic acids in Brazilian tropical fruits of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) by UPLC. **Journal of Analytical Sciences**, Tokyo, v. 3, p. 1–10, 2013.

GONÇALVES, G. A. S. et al. Temporal dominance of sensations for characterization of strawberry pulp subjected to pasteurization and different freezing methods. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 77, p. 413-421, 2017.

GULARTE, M. A. **Manual de análise sensorial de alimentos**. Pelotas: UFPel, 2002. 59 p.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 3. ed. Oxford: Oxford University, 2000.

HALPIN, B. et al. Purification and characterization of peroxidase from green peas. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 54, n. 3, p. 644-649, 1989.

HASSIMOTTO, N, M.; GENOVESE M, I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 2928–2935, 2005.

HIWILEPO, V. H. et al. Kinetics of thermal degradation of vitamin C in marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*) as compared to other selected tropical fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 49, p. 188-191, 2012.

HOLZWARTH, M. et al. Thermal inactivation of strawberry polyphenoloxidase and its impact on anthocyanin and color retention in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) purées. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 235, n. 6, p. 1171-1180, 2012.

HOUGH, G. et al. Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 359-362, 2003.

JACQUES, A. C. et al. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, p. 1720-1725, 2010.

JAFFERY, E. H. et al. Variation in content of bioactive components in broccoli. **Journal of Food Composition and Analysis**, Berlin, v. 16, p. 323–330, 2003.

KADER, A. A. Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 88, n. 11, p. 1863–1868, 2008.

KAEWTHATHIP, T.; CHAROENREIN, S. Changes in volatile aroma compounds of pineapple (*Ananas comosus*) during freezing and thawing.

International Journal of Food Science and Technology. Bangkok, v. 47, p. 985–990, 2012.

KENNEDY, E. T. Evidence for nutritional benefits in prolonging wellness. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 83, n. 2, p. 410-414, 2006.

KUROSUMI, A. et al. Novel extraction method of antioxidant compounds from *Sasa palmata* (Bean) Nakai using steam explosion. **Process Biochemistry**, London, v. 42, p. 1449–1453, 2007.

LABBE, D. et al. Temporal dominance of sensations and sensory profiling: a comparative study. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 20, n. 3, p. 216-221, Apr. 2009.

LARSEN, M.; WATKINS, C. B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 39–50, 1995.

LAURENTE, C.; CLEMENTE, E. Avaliação da atividade da peroxidase em carambola (*Oxalidacia avertroha*) em diferentes estádios de maturação. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 159-163, 2005.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Barking, v. 133, p. 1577–1587, 2012.

LIMA I. L. P.; SCARIOT, A. B.; GIROLDO, A. B. Sustainable harvest of mangaba (*Hancornia speciosa*) fruits in northern minas Gerais, Brazil. **Economic Botany**, Bronx, v. 6, n. 3, p. 234–243, 2013.

LIMA, I. L. P.; SCARIOT, A. B. **Mangaba - Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 68 p.

LIMA, J. P. et al. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. **Food Research International**, Barking, v. 75, p. 216–224, 2015b.

LIMA, J. P. et al. The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 194, p. 1–6, 2015a.

LIMA, R. M. T. et al. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, fev. 2012.

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, London, v. 31, p. 365-373, 1996.

LUIZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. Cinética da inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1763-1773, 2007.

LUO, W. et al. Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from *Phyllanthus emblica* L. fruit. **Food Chemistry**, Barking, v. 126, p. 277–282, 2011.

MAIA, G. A. et al. Effect of the processing on some components of acerola juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 130-134, 2007.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 79, p. 727–747, 2004.

MANTOVANI, C.; CLEMENTE, E. Peroxidase and polyphenoloxidase activity in tomato *in natura* and tomato purée. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2010.

MARTIM, S. R. et al. Características físico-químicas e atividade da peroxidase e polifenoloxidase em genótipos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) submetidos ao congelamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2265-2276, set./out. 2013.

MCCORMICK, D. B.; SUTTIE, J. W. **Handbook of vitamins**. Boca Raton: CRC, 2013. 593 p.

McNULTY, H. P. et al. Differential effects of carotenoids on lipid peroxidation due to membrane interactions: X-ray diffraction analysis. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1768, n. 1, p. 167-174, 2007.

MENOLLI, L. N. et al. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MODISE, D. M. Does freezing and thawing affect the volatile profile of strawberry fruit (*Fragaria×ananassa* Duch.)? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 50, p. 25-30, 2008.

MUDAS frutíferas de mangabeira. Disponível em:
<<http://www.mudasnativas.biz/arvores-frutiferas-de-mangabeira/>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

NARAIN, N. et al. Flavor biogenesis in mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) fruit. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 1, n. 1, p. 25-31, 2007.

NASSER, F. A. C. M. et al. Eficiência de soluções extratoras para análise da peroxidase e polifenoloxidase em mangaba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 69-72, jun. 2014.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, New York, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

OLIVEIRA, L. S. et al., The influence of processing and long-term storage on the antioxidant metabolism of acerola (*Malpighia emarginata*) purée. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 151-160, 2011.

OLIVEIRA, L. S. et al. Quality changes and anthocyanin and vitamin C decay rates of frozen acerola purée during long-term storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 37, p. 25–33, 2013.

PARKER, T. L. et al. Development of an optimised papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. **Food Chemistry**, Barking, v. 118, p. 861–869, 2010.

PEREIRA, A. C. et al. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30–35, 2015.

PEREIRA, C. O.; BALDWIN, E. A. Biochemistry of fruits and its implications on processing. In: ARTNEY, D.; ASHURT P. R. (Ed.). **Fruit processing: nutrition, product, quality management**. 2nd ed. New York: AN ASPEN, 2001. p. 26-27.

PÉREZ, A. G.; SANZ, C. Effect of high-oxygen and highcarbondioxide atmospheres on strawberry flavour and other quality traits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 2370-2375, 2001.

PIETTA, P.; SIMONETTI, P.; MAURI, P. Antioxidant activity of selected medicinal plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 4487-4490, 1998.

PINEAU, N. et al. Temporal dominance of sensations: construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. **Food Quality and Preference**, Barking, n. 20, p. 450-455, 2009.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L. Processamento mínimo de batata. In: MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. p. 343-363.

POIANA, M. et al. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Amsterdam, v. 8, n. 1, p. 54-58, 2010.

POLINATI, R. M.; FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The effect of freezing at -18° C and -70 ° C with and without ascorbic acid on the stability of antioxidant in extracts of apple and orange fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Bangkok, v. 45, p. 1814–1820, 2010.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, Berlin, v. 19, p. 97-111, 2006.

RAPISARDA, P. et al. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 49, p. 348–354, 2008.

RENO, M. J.; PRADO, M. E. T.; RESENDE, J. V. Microstructural changes of frozen strawberries submitted to pre-treatments with additives and vacuum impregnation. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, p. 247-256, 2011.

RÉVÉREND, F. M. L.; HIDRIO, C.; AUBRY, V. Comparison between temporal dominance of sensations and time intensity results. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 19, p. 174-178, 2008.

RIBEIRO, A. R. C.; ARAÚJO, H. G. G. S.; AQUINO, L. C. L. Pasteurização lenta da polpa de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 6., 2015, Aracaju. **Proceedings...** Aracaju: UFS, 2015. 1 CDROM.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation**: the retention of provitamin carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Washington: Usaid-Omni, 1997. 88 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **Journal of Food Composition**, Orlando, v. 13, p. 641-647, 2000.

ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: UFPA, 2000. 313 p.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 935–943, 2007.

SAHARI, M. A.; MOHSEN, B. F.; ZOHREH, H. E. Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. **Journal of Food Chemistry**, Philadelphia, v. 86, n. 3, p. 357-363, 2004.

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

SANTOS, M. A. **O cerrado brasileiro: notas para estudo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010. 15 p. (Texto para Discussão, 387).

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal Nutricional**, London, v. 130, p. 2073S-2085S, 2000.

SCHLINDWEIN, C. et al. **Diagnóstico e manejo dos polinizadores da mangabeira e aceroleira**. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/plebeia/mangacerol.html>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

SCHMITZ, H.; MOTA, D. M.; CARDOSO, L. F. C. **Movimento das catadoras de mangaba: a conquista de uma identidade**. 2010. Disponível em: <<http://www.catadorasdemangaba.com.br/publicacoes/texto-11.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

SCHWAB, W.; DAVIDOVICH-RIKANATI, R.; LEWINSOHN, E. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. **The Plant Journal**, Malden, v. 54, p. 712–732, 2008.

SEBASTIANY, E.; REGO, E. R.; VITAL, M. J. S. Qualidade microbiológica de Polpas de frutas congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 224-231, 2009.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic, 1995.

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

SIKORA, E. et al. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA, A. V. C.; SILVA, A. C. M. S. **Qualidade da polpa congelada de mangaba comercializada em Aracaju, Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2012. 14 p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/bp_70.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2016.

SILVA, F. V. M.; GIBBS, P. A. Thermal Pasteurization Requirements for the Inactivation Of Salmonella In Foods. **Food Research International**, Barking, v. 45, p. 695–699, 2012.

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

SILVA, L. L.; CARDOSO, L. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Influence of the bleaching, pasteurization and freezing on the physic-chemical characteristics, on carotenoids and vitamin A value of “araticum” (*Annona crassiflora* Mart.) pulp. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 30-8, 2015.

SILVA, P. P. M. **Conservação da polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. 2013. 259 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, S. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996. 230 p.

SILVA, V. K. L. et al. Stability of the bacuri pulp (*Platonia insignis* Mart.) frozen for 12 months. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SIQUEIRA, R. S.; BORGES, M. F. Microbiologia de frutas e produtos derivados. In: TORREZAN, R. (Coord.). **Curso de processamento de frutas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CTAA, 1997. p. 2-13.

SOARES, G. L. et al. Caracterização físico-química de polpa de coco verde submetida ao congelamento lento e rápido. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 3, p.185-190, jul./set. 2015.

SOUSA, M. B. et al. Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv Heritage) and blackberry (cvThornfree). **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, p. 9-21, 2007.

SOUZA, G. C.; CARNEIRO, J. G.; GONSALVES, H. R O. Qualidade microbiológica de polpas de frutas congeladas produzidas no município de russas – CE. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 1-5, jul./set. 2011.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. New York: Academic, 2004.

SUN, Q.; HEILMANN, J.; KONIG, B. Natural phenolic metabolites with anti-angiogenic properties - a review from the chemical point of view. **Journal of Organic Chemistry**, Washington, v. 11, p. 249–264, 2015.

SUN-WATERHOUSE, D.; WADHWA, S. S. Industry-relevant approaches for minimising the bitterness of bioactive compounds in functional foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, Cham, v. 6, n. 8, p. 607-627, 2013.

SYAMALADEVI, R.M. Stability of Anthocyanins in Frozen and Freeze-Dried Raspberries during Long-Term Storage: In Relation to Glass Transition. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 414-421, 2011.

TEREFE, Y. H. et al. High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. **Innovative Food Science Emerging Technology**, Amsterdam, v. 11, p. 52–60, 2010.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 321-325, 2001.

VALLVERDÚ-QUERALT, A. et al. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 38, p. 9667-9672, 2012.

VAN BOEKEL, M. et al. A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 54, n. 9, p. 1215-47, 2010.

VANINI, L. S.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Polyphenoloxidase and peroxidase in avocado pulp (*Persea americana* Mill.) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 525-531, Apr./June 2010.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L. et al. Effects of thermal processing and fruit matrix on b-carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into pure'e and nectar. **Food Chemistry**, Barking, v. 102, p. 1172–1186, 2007.

VELIOGLU, Y. S et al. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n. 10, p. 4113-4117, 1998.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. Families of phenolic compounds and means of classification. In: _____. **Phenolic Compound Biochemistry**. Berlin: Springer, 2006. p. 1–34.

VITORINO, L. C. et al. Influência da temperatura e do tempo de armazenamento sobre a atividade de enzimas oxidativas em *Hancornia speciosa* Gomes. **Agrotropica**, Itabuna, v. 26, n. 3, 2014.

WANG, S. Y.; LIN, H., S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, Raspberry, and Strawberry Varies with Cultivar and Developmental Stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 2, p. 140–146, 2000.

WEEMAES, C. A. et al. Activity, eletrophoretic characteristics and heat inactivation of polyphenoloxidases from apples, avocados, gapes, pears and plums. **LWT- Food Science and Technology**, London, v. 31, n. 1, p. 44-49, 1998.

ZANATTA, C. L.; ZOTARELLI, M. F.; CLEMENTE, E. Peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em polpa de goiaba (*Psidium guajava* R.). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 705-708, 2006.

ZHANG, X.; SHAO, X. Characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. **Czech Journal of Food Science**, Praha, v. 33, p. 109–117, 2015.

ZHANG, Y. et al. Antioxidant Phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. **Molecules**, Basel, v. 20, p. 21138–21156, 2015.

ZOU, H. et al. Biochemical properties of oxidases of Yali pear. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 53, p. 11610-11619, 2012.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Versão preliminar para submissão e envio à revista científica.
O conselho editorial do periódico poderá sugerir alterações para adequá-lo ao seu próprio estilo.

EFEITO DO PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO CONGELADO NO PERFIL FENÓLICO, COMPOSTOS BIOATIVOS, CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA POLPA DE MANGABA

Gilma A S Gonçalves^{1*}, Nathane S Resende², Elisângela E N Carvalho², Jaime
V de Resende², Eduardo V de B Vilas Boas²

¹Federal Institute of Education, Science and Technology Southeast - MG,
Barbacena campus, Barbacena, MG

²Food Science Department, Federal University of Lavras, University Campus,
Lavras, MG

RESUMO

A mangaba, fruto exótico do Cerrado brasileiro, possui alto valor nutricional e bioativo podendo o processamento induzir alterações destas características. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade de compostos bioativos, capacidade antioxidante e enzimática da polpa de mangaba submetida à pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento prolongado. As polpas foram submetidas a dois níveis de pasteurização (sem pasteurização e pasteurizadas), dois métodos de congelamento (ar estático e ar forçado) e cinco tempos de armazenamento congelado (zero, 3, 6, 9 e 12 meses). No fruto e polpas foram realizadas as análises de vitamina C, carotenoides, fenólicos totais, perfil de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e enzimas polifenoloxidase e peroxidase. O fruto apresentou alto teor de vitamina C, fenólicos totais e alta capacidade antioxidante, sendo ácido clorogênico e rutina os fenólicos predominantes. O método de congelamento por ar forçado é mais eficiente na retenção da vitamina C e a pasteurização favorece maior retenção de fenólicos totais e capacidade antioxidante, bem como menor atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase. O armazenamento congelado por até seis meses retém a maioria dos fenólicos individuais, sendo a (+)-catequina e o ácido *trans*-cinâmico os mais estáveis. A polpa de mangaba é boa fonte de compostos bioativos e apresenta boa capacidade antioxidante, mesmo após um ano armazenamento congelado.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa* Gomes. Pasteurização. Congelamento. Escurecimento Enzimático. HPLC.

1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm associado o consumo de frutas e hortaliças com uma menor incidência de diversas patologias crônicas, incluindo a obesidade, doenças cardiovasculares e neurológicas e câncer (MURSU et al., 2014; ZHANG et al., 2015a; DONG et., 2014; KRUGER et al., 2014). Na produção e comercialização de frutas, o Brasil está em destaque, pois é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. Possui grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas, inexploradas ou subexploradas, mas que têm recebido, cada vez mais atenção como fonte de compostos bioativos (BAILÃO et al., 2015).

Dentre os frutos do cerrado encontra-se a mangaba, produzida pela mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes, família Apocynaceae), um fruto tipo baga, de tamanho, forma e cores variados, exocarpo amarelado ou esverdeado com pigmentação vermelha ou sem pigmentação, polpa adocicada, carnosoviscosa e ácida (GANGA et al., 2010). Pesquisas recentes têm reportado a mangaba como importante fonte de compostos bioativos, apresentando altos teores de vitamina C, vitamina E, ácido fólico, carotenoides e compostos fenólicos, além de alta capacidade antioxidante (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015a; LIMA et al., 2015b), podendo o seu consumo frequente reduzir o risco de desenvolvimento de várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015b; PEREIRA et al., 2015).

A mangaba possui, ainda, excelente aroma e sabor, sendo usada na produção de doces, xaropes, geleias, compotas, vinho, vinagre, tendo seu uso agroindustrial em rápida expansão devido a ampla aceitação como suco e sorvete (VIEIRA NETO et al., 2002) inclusive fora das regiões produtoras.

Entretanto, a mangaba, quando madura, é extremamente perecível e altamente suscetível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio,

o que representa sério obstáculo para sua comercialização e escoamento. Assim, o seu prévio processamento, é alternativa para sua expansão comercial.

As polpas de fruta têm grande importância, como matéria-prima para a indústria que podem produzir as polpas nas épocas de safra, armazená-las e reprocessá-las nos períodos mais propícios, ou segundo a demanda do mercado consumidor, como doces, geleias e néctares ou comercializá-las para outras indústrias que utilizam a polpa de fruta como parte da formulação de iogurtes, biscoitos, bolos, sorvetes, refrescos e alimentos infantis (SOUZA et al., 2011). A pasteurização e o congelamento de polpas de frutas são técnicas empregadas, pois favorecem a conservação em longo prazo. Entretanto, no caso da pasteurização, a intensidade do tratamento térmico pode induzir alterações indesejáveis nas características originais, sobretudo na degradação térmica de substâncias termossensíveis (como algumas vitaminas) e alguns compostos bioativos (GARCÍA-REYES; NARVAEZ-CUENCA et al., 2010). Já o congelamento, embora seja um método seguro para manter a capacidade antioxidante e compostos bioativos (OSZMIAŃSKI et al., 2008), não congela toda a água existente no alimento, permitindo a ocorrência de reações químicas e enzimáticas, embora a velocidades mais baixas (SOUSA et al., 2007). Estudos acerca da estabilidade de compostos bioativos, capacidade antioxidante e enzimas em polpas de frutas tratadas termicamente, congeladas e armazenadas têm gerado diferentes resultados, como aumento aparente da concentração de fenólicos e capacidade antioxidante (ZARO et al., 2015), estabilidade da vitamina C (MARTIM et al., 2013) ou redução de fenólicos, vitamina C e antioxidantes (OLIVEIRA et al., 2013; DAMIANI et al., 2013; JACQUES et al., 2010; FREIRE et al., 2013; BOF et al., 2012), uma vez que enzimas como peroxidase e polifenoloxidase podem apresentar alta resistência ao calor (ZHANG; SHAO, 2015).

Nesse sentido, o conhecimento da estabilidade de compostos presentes na polpa de mangaba congelada é determinante para a seleção de pré-tratamentos, métodos de congelamento e tempos de armazenamento que garantam a qualidade da polpa desse fruto. O objetivo desse trabalho foi avaliar a estabilidade de compostos bioativos, capacidade antioxidante e enzimática da polpa de mangaba submetida à pasteurização, métodos de congelamento e longo tempo de armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODO

➤ Reagentes químicos

Foram utilizados os seguintes reagentes Sigma Aldrich (St. Louis, MO): metanol, ácido acético glacial, reagente de fenol de Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio (Sigma Aldrich, St. Louis, MO). A água foi purificada num sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, MA, EUA). Os padrões fenólicos foram fornecidos como se segue: ácido gálico, (+)-catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido vanílico, ácido *p*-cumárico, ácido *trans*-cinâmico e quercetina (Sigma Aldrich). O ácido férulico, ácido *o*-cumárico, ácido *m*-cumárico e rutina foram adquiridos a Fluka Chemie (Steinheim, Alemanha). Para análise cromatográfica, as amostras e os solventes foram filtrados utilizando membranas de 0,45 µm (Millipore).

➤ Obtenção e preparo das amostras

Utilizou-se como matéria-prima mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) oriunda do município de Curvelo, Minas Gerais, Brasil (latitude 18° 45' 23''S, longitude 44° 25' 51'' W and altitude 632 m); no mês de novembro de 2013. Os frutos, coletados maduros (caídos naturalmente ao chão ou com textura macia, soltando-se facilmente da planta) foram transportados, no mesmo dia, à Planta de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças do DCA/UFLA, onde foram pré-lavados com água corrente para eliminar sujidades superficiais, sanitizados por imersão em água clorada com hipoclorito de sódio (100 mg L⁻¹ por 15 minutos), amostras do fruto *in natura* foram separadas para análises e o restante despulpados em despulpador horizontal (marca Bonina, modelo 0,25 Df) com peneira acoplada (realizado em duas etapas, peneira malha de 2mm e 1mm). A polpa foi acondicionada (envasadora/dosadora manual de líquidos marca Hubber, modelo

DMM20) em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) nas dimensões 10x15x0,10 cm (100g por embalagem), as quais foram seladas em seladora pedal de termosoldar (marca R Baião, modelo 3138). Metade das embalagens obtidas foi submetida à pasteurização (85°C por 5 min.) e resfriada imediatamente em banho de gelo. As polpas sem pasteurização seguiram diretamente para o congelamento. Os dois tipos de polpas, pasteurizadas (P) e sem pasteurização (SP), foram divididas em dois lotes e congeladas por método de congelamento por Ar Forçado (AF) (Câmara de congelamento com ar forçado, a velocidade do ar foi medida em diferentes locais da câmara utilizando um anemômetro de fio quente TSI-USA, a velocidade média do ar foi de $1,78 \pm 0,08$ m / s e a temperatura de resfriamento do ar foi de $-25 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 10 horas) ou por Ar Estático (AE) (-18°C). O armazenamento foi realizado em freezer horizontal (marca cònsul, modelo CHA31C), à temperatura de -18°C por 12 meses. Foi feita análise do fruto fresco e as polpas foram analisadas no tempo zero e a cada 3 meses. As amostras de polpas foram descongeladas em água corrente.

➤ **Análises químicas**

➤ **Vitamina C**

Determinado por método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) de acordo com Strohecker; Henning (1967). As amostras foram analisadas num espectrofotômetro a absorvância de 520 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco.

➤ Carotenoides

A extração e determinação dos carotenoides foram realizadas segundo técnica descrita por Rodriguez-Amaya (1999). Extraídos com acetona e éter, transferido para um funil de separação, onde foram feitas sucessivas lavagens para eliminação da acetona. Ao final o volume foi completado para 25 mL com éter de petróleo e feita leitura no espectrofotômetro a 450nm. O teor de carotenoides foi expresso em miligramas de carotenoides por 100g da amostra, calculados a partir da fórmula:

$$\text{Teor de carotenoides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{A \times \text{Volume (mL)} \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{Peso da Amostra (g)}} \quad (1)$$

Onde: A = Absorbância; volume= volume total do extrato (25 ou 50 mL); =

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$ = coeficiente de absorção do beta caroteno em PE (2592).

➤ Compostos fenólicos totais

Os extratos foram obtidos como descrito por Brand-Williams Cuvelier; Berset, (1995) e adaptado por Rufino et al. (2007). Resumidamente, pesaram-se amostras de 5 g em tubos de centrifugação e extraiu-se sequencialmente com 20 ml de metanol / água (50:50, v / v) à temperatura ambiente durante 1 h. Os tubos foram centrifugados a 25,400 xg durante 15 min, e o sobrenadante foi recuperado. Em seguida, adicionou-se 20 ml de acetona / água (70:30, v / v) ao resíduo à temperatura ambiente. As amostras foram extraídas durante 60 min e centrifugadas. Os extratos de metanol e acetona foram combinados e levados a um volume final de 50 ml com água destilada para a determinação do conteúdo fenólico e da atividade antioxidante.

Compostos fenólicos totais foram determinados como descrito por Waterhouse (2002). Utilizou-se ácido gálico como padrão de referência e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (mg GAE) 100 g⁻¹ de matéria fresca de fruto.

➤ **Perfil de compostos fenólicos**

Extraíu-se 2,5 g de polpa de fruta utilizando uma solução de 20 mL contendo 70% de metanol em água (v / v). As amostras foram homogeneizadas em vórtice e colocadas num banho de ultrassom à temperatura ambiente durante 60 min. Os extratos foram centrifugados a 1,400 x g durante 15 minutos à temperatura ambiente e filtrados em papel Whatman N°. 2 (RAMAYA et al., 2012).

A análise de perfil de compostos fenólicos foi realizada utilizando HPLC Shimadzu (Japão), equipado com bomba quaternária modelo LC-20AT, detector de arranjo de diodos (DAD) modelo SPD-20A. Resumidamente, as análises cromatográficas foram realizadas utilizando uma coluna Ascentis C18 5- μ m (250 mm \times 4 mm). A fase móvel consistiu em ácido acético a 2% (v / v) em água (fase móvel A) e metanol / água / ácido acético 70: 28: 2 (fase móvel B), ajustado a um caudal de 1,0 mL / min, conduzida utilizando um programa de eluição de gradiente a um tempo de execução de 65 min. O volume de injeção foi de 20 μ L. As análises foram realizadas a 15°C. A maioria dos compostos fenólicos gerou um resultado espectral UV-vis no cromatograma de HPLC a 280 nm. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos seus tempos de retenção, espectros absorptivos UV-vis e padrões autênticos.

➤ **Capacidade antioxidante (DPPH)**

Utilizaram-se os mesmos extratos para fenólicos totais. A capacidade de eliminação de radicais livres de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) foi estimada utilizando o método de Brand-Williams et al. (1995). Os resultados foram expressos como porcentagem de inibição do radical livre, calculada segundo Rufino et al. (2007).

$$\text{RSA (\%)} = \frac{\text{ABS}_{\text{blank}} - \text{ABS}_{\text{sample}}}{\text{ABS}_{\text{blank}}} \times 100 \quad (2)$$

Os resultados foram expressos como uma porcentagem de atividade de remoção de radical (% RSA).

➤ **Capacidade Antioxidante (TEAC)**

O extrato foi obtido a partir de 5 g da amostra homogeneizadas com 20 mL de água destilada e filtrada na sequência, o sobrenadante constituiu o extrato. A capacidade antioxidante relativa foi determinada em termos de capacidade antioxidante equivalente ao Trólox (TEAC) 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) (OZGEN et al., 2006). Alíquotas de 30µl do extrato foram adicionados a 3 mL da solução do radical livre ABTS, ambos a 100µM. Após 6 minutos, fez-se a leitura da absorbância a 734 nm. A capacidade antioxidante equivalente ao Trólox em ABTS (TEAC-ABTS) foi expressa em micromoles de Trólox por grama de fruta.

➤ **Polifenoloxidase (PPO)**

O extrato enzimático foi obtido a partir de 2,5 gramas de amostra, adicionado de 25 mL de tampão fosfato de potássio 0,05M pH 7, homogeneizado em politron, Centrifugado em seguida (8944 g) por 15 minutos e filtrado. O sobrenadante constituiu o extrato enzimático. Para a determinação da atividade da polifenoloxidase, tomou-se 0,5 mL de extrato; 1,8 mL de Tampão fosfato de potássio 0,1M (pH 7) e 0,050 mL de catecol 10mM (recém preparado); incubou-se por 30 minutos a 30°C, quando interrompeu-se a reação, pela adição de 0,8 mL de ácido perclórico 2,0 N. A leitura foi feita a 395nm em espectrofotômetro (MATSUNO; URITANI, 1972). Os resultados foram expressos em $U\ g^{-1}\ min^{-1}$, sendo que uma unidade corresponde à quantidade de enzima que causou um aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto.

➤ **Peroxidase (POD)**

Utilizou-se o mesmo extrato enzimático da polifenoloxidase. Na determinação tomou-se 3 mL de extrato; 5 mL de Tampão fosfato-citrato 0,02M (pH 5); 0,5 mL de H₂O₂ 3% (preparado na hora da análise) e 0,5 mL de guaiacol 1%. Incubou-se por 5 minutos a 30°C e interrompeu-se a reação pela adição de 1 mL de Bissulfito de sódio 30%. A leitura foi realizada em espectrofotômetro e a 470 nm (MATSUNO; URITANI, 1972). Os resultados foram expressos em $U\ g^{-1}\ min^{-1}$, sendo que uma unidade corresponde à quantidade de enzima que causou aumento de 0,001 unidade de absorbância por minuto.

➤ **Delineamento experimental e análise estatística**

Delineamento Inteiramente Casualizado em esquema fatorial $2 \times 2 \times 5$ sendo dois pré-tratamentos (polpas pasteurizadas e sem pasteurização), dois métodos de congelamento: Ar Estático (AE) e Ar Forçado (AF) e 5 tempos de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses), com 3 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância, submetidos a regressão polinomial ou teste de Tukey para comparação de médias, nível de 5% de significância, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Características físicas e químicas da matéria prima (mangaba *in natura*)

Os resultados das características químicas da mangaba (fruto fresco) são apresentados na Tabela 1. O fruto apresentou alta teor vitamina C (254,59 mg 100g⁻¹), superior às concentrações encontradas por Lima et al. (2015a) (174,91 mg 100g⁻¹), Rufino et al. (2010) (190 mg 100g⁻¹), Almeida et al. (2011) (96,3 mg 100g⁻¹), Cardoso et al. (2014) (165,82 mg 100g⁻¹) e semelhante às reportadas por Lima et al. (2015b) (255,90 mg 100g⁻¹). O teor de carotenoides (0,72 mg 100g⁻¹) foi superior ao identificado por Rufino et al., 2010 (0,3 mg 100g⁻¹) e semelhante ao reportado por Lima et al. (2015b) (0,69 mg 100g⁻¹) em mangaba.

Tabela 1 Características químicas da mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) *in natura*.

Variável	Média ± DP *
Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	254,59 ± 5,90
Carotenoides (mg 100g ⁻¹)	0,72 ± 0,03
Fenólicos Totais (mg GAE 100g ⁻¹)	875,37 ± 30,84
% RSA (DPPH)	90,19 ± 0,80
TEAC (μmol TE g ⁻¹)	288,48 ± 7,42
Polifenoxidase (U g ⁻¹ min ⁻¹)	149,97 ± 12,08
Peroxidase (U g ⁻¹ min ⁻¹)	249,00 ± 3,00

* Média de três repetições ± Desvio Padrão

O teor de compostos fenólicos (875,37 mg GAE 100g⁻¹), foi ainda maior quando comparado ao de Lima et al. (2015a); Lima et al. (2015b); Rufino et al. (2010); Almeida et al. (2011) que encontraram 490; 352,98; 169 e 159,9 mg GAE 100g⁻¹ respectivamente. Em que os compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides contribuem para a capacidade antioxidante de frutos (LIMA et al., 2015a; CARDOSO et al., 2014).

Dentre os vários métodos empregados para determinação da capacidade antioxidante, os mais comumente utilizados devido à sua facilidade, rapidez e sensibilidade, envolvem compostos cromóforos que estimulam a redução de espécies reativas de oxigênio na presença de antioxidante, levando à descoloração do radical cromóforo. Os mais amplamente utilizados são o ABTS e DPPH (ALI et al., 2008), selecionados para esse estudo.

Como os resultados para vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos foram bastante expressivos, a mangaba apresentou alta capacidade antioxidante, com base na análise de DPPH (90,19% sequestro de radical livre) e TEAC (288,48 $\mu\text{mol.TE. g}^{-1}$). Poucos trabalhos publicaram resultados da avaliação da capacidade antioxidante da mangaba, sendo os resultados deste estudo superiores ao de Lima et al., 2015a (62,5% FRS) e ainda maiores que os de Almeida et al. (2011); Rufino et al. (2010) para TEAC (10,84 e 65,6 $\mu\text{mol.TE. g}^{-1}$ respectivamente).

Após o corte ou processamento, as enzimas peroxidase e a polifenoloxidase podem causar, além de escurecimento, perdas nutricionais, mudanças indesejáveis no aroma, sabor, textura e cor, devido a reações de oxidação e de biodegradação (MANTOVANI; CLEMENTE, 2010). A atividade enzimática identificada neste estudo para a mangaba foi de 149,97 $\text{U g}^{-1} \text{min}^{-1}$ para polifenoloxidase e 249 $\text{U g}^{-1} \text{min}^{-1}$ para peroxidase. Valores muito inferiores aos encontrados por Nasser et al. (2014) em mangaba, tendo encontrado atividade enzimática variando de 936,66 a 14.811,11 U g^{-1} para polifenoloxidase e de 276,66 a 668,33 para peroxidase U g^{-1} e superiores aos de Vitorino et al. (2014) que foram de 1,16 UE min mg^{-1} para polifenoloxidase e 5,27 UE min mg^{-1} para peroxidase.

No entanto, a variação entre as características apresentadas neste estudo e os dados publicados na literatura pode ser atribuída a diferentes fatores como a influência da época de colheita, estágio de maturação, temperatura e condições do solo, exposição solar e localização de frutas na planta (FANIADIS et al., 2010), condições climáticas e região de cultivo, além de metodologias de extração e análise da amostra.

- **Polpa congelada**

- **Compostos bioativos e Atividade antioxidante**

- **Vitamina C**

Neste estudo, a vitamina C foi influenciada pela interação dos fatores tempo de armazenamento e pasteurização (Figura 1 A1) e pelo tempo de armazenamento e método de congelamento (FIGURA 1 A2). Na interação tempo e pasteurização houve redução linear da vitamina C ao longo do tempo, tanto na polpa pasteurizada (P) como na não pasteurizada (SP). O teor de vitamina C foi superior na polpa SP, no tempo zero, provavelmente pelo impacto imediato do calor de pasteurização, visto que esta vitamina é termo lábil. Os teores de vitamina C foram semelhantes, em ambas as polpas, aos 3, 6 e 9 meses de armazenamento, sendo inferiores na polpa SP aos 12 meses de armazenamento. Embora a pasteurização possa provocar um efeito imediato, reduzindo os níveis de vitamina C durante o processo, durante o armazenamento o efeito pode ser contrário, já que a pasteurização inibe ou inativa enzimas oxidativas, como as polifenoloxidasas e peroxidases, que catalisam a oxidação de mono e di hidroxifenóis a ortoquinonas, passíveis de serem reduzidas pela vitamina C. Neste dinâmico processo de oxirredução, os teores de vitamina C tendem a diminuir. Assim, a pasteurização, em longo prazo, pode reduzir a taxa de oxirredução, conservando a vitamina C.

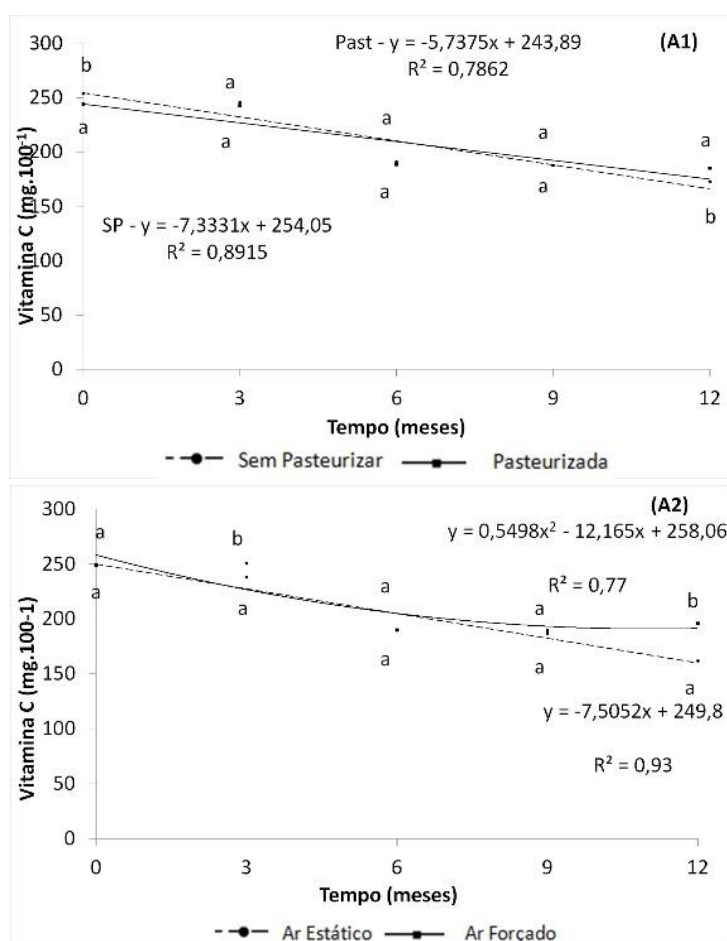
Na interação tempo e método de congelamento, também houve redução da vitamina C ao longo do tempo, observando-se comportamento linear nas polpas submetidas ao ar estático (AE) e quadrático naquelas congeladas por ar forçado (AF). O congelamento por AF determinou maior retenção (78,75%) que o AE (65,03%), no final do armazenamento. Embora o congelamento seja um

dos métodos mais eficazes para a preservação em longo prazo dos atributos de qualidade naturais de alimentos perecíveis, o tamanho e a forma dos cristais de gelo formados são vitais para a qualidade final do produto congelado (Reno et al., 2011). Um dos principais fatores que determinam a sua taxa de crescimento é a taxa de remoção de calor do sistema, que é maior em congelamentos mais rápidos (BEZERRA et al., 2015), como a do ar forçado.

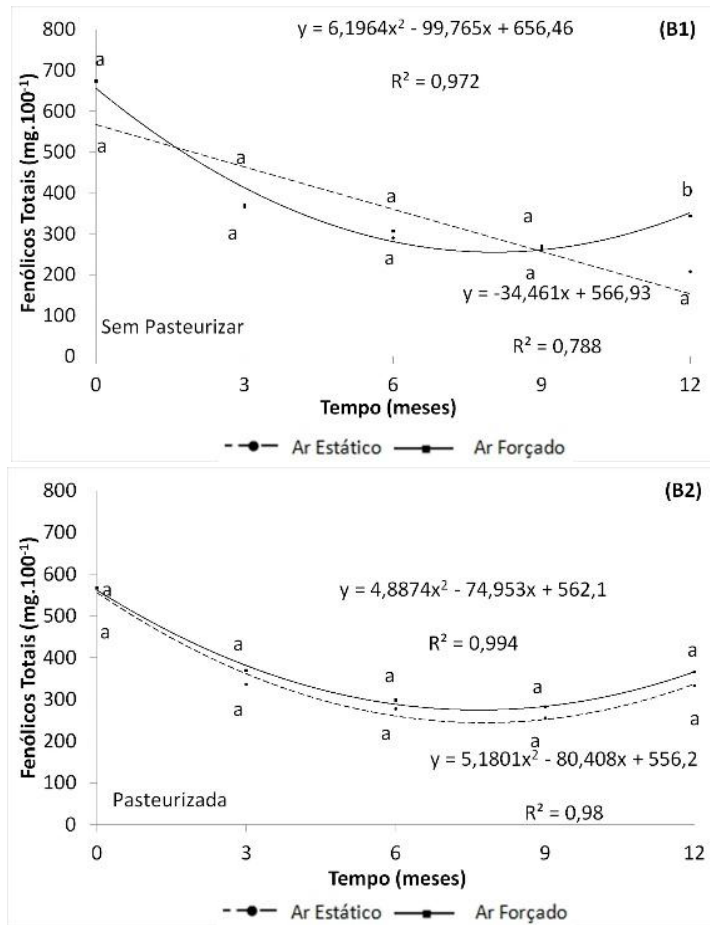
Assim, destaca-se a maior retenção de vitamina C na polpa congelada sob AF, embora a retenção na polpa sob AE não tenha sido desprezível, mesmo após 12 meses de armazenamento congelado. Lima et al. (2015a) não observaram efeito dos fatores tempo e temperaturas de armazenamento no teor de vitamina C da mangaba *in natura* armazenada sob refrigeração por 20 dias, ressaltando-se que nesse estudo a mangaba foi avaliada *in natura* e não na forma de polpa congelada.

Altas retenções de vitamina C, também têm sido reportadas em outras pesquisas com polpas de frutas congeladas. Estudo com diferentes clones de acerola reportou retenções de 65,85% a 90, 2% ao final de 330 dias de armazenamento congelado (OLIVEIRA et al., 2011); enquanto em polpa de cupuaçu, armazenada congelada durante 12 meses, não foi observada perda de vitamina C (MARTIM et al., 2013).

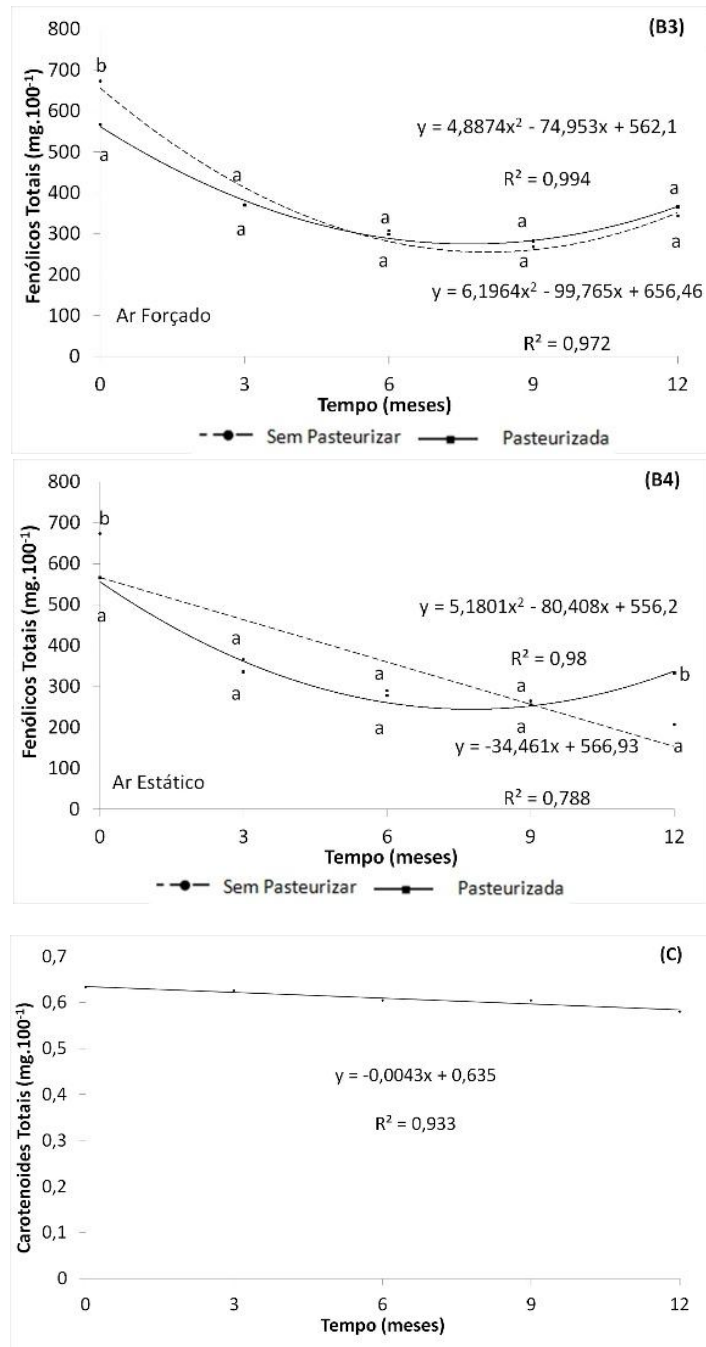
Figura 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Vitamina C (A1- 2), Fenólicos Totais (B1 – 4) e Carotenoides Totais (C) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.



Continuação...



Continuação...



A alta retenção de vitamina C observada permite indicar que o consumo de apenas 50,36 g da polpa de mangaba congelada e armazenada por 12 meses atende a recomendação diária para homens e 41,96 g da polpa para mulheres adultas, pois a recomendação diária de vitamina C para adultos (RDA) é de 90 mg para homens e 75 mg para as mulheres (INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD, 2011). Visto que o suco de mangaba é preparado, normalmente, com uma parte de polpa e duas partes de água, a ingestão de um copo de desse suco (200 mL) seria o suficiente para fornecer mais que a necessidade diária de vitamina C para homens e mulheres.

➤ **Fenólicos Totais**

A polpa de mangaba, quanto ao teor de fenólicos totais, foi influenciada pela interação tripla dos fatores pasteurização, método de congelamento e tempo de armazenamento (FIGURA 1 B1-B4). Observou-se queda linear nos teores de fenólicos totais na polpa SP congelada sob AE (FIGURA B1), enquanto comportamento quadrático, com redução durante os 6 primeiros meses de armazenamento, seguida de tendência de elevação, foi observada na polpa SP congelada sob AF (FIGURA B1) e P, congelada sob AE e AF (FIGURA B2). Maior retenção de fenólicos foi observada na polpa SP congelada sob AF, apenas aos 12 meses de armazenamento, sendo que nenhuma diferença foi observada, em função do método de congelamento, na polpa P, ao longo do armazenamento.

Logo, o método de congelamento por AF mostrou-se mais eficiente na retenção do composto (50,99%) ao longo do tempo que o congelamento por AE (30,78%) na polpa SP. Segundo a literatura, congelamentos mais rápidos, dão origem a produtos de maior qualidade, onde há uma maior preservação de todos

os componentes celulares, em especial os compostos bioativos (POIANA et al., 2010) responsáveis pela capacidade antioxidante.

Comportamento quadrático, com queda dos teores de fenólicos totais até os 6 meses de armazenamento, seguida de elevação, foi observado nas polpas SP e P, congeladas sob AF (FIGURA B3) e nas polpas P, congeladas sob AE (FIGURA B4), enquanto redução linear foi constatada na polpa SP, congelada sob AE (FIGURA B4). Maior teor de fenólicos foi observado na polpa SP, em comparação à P, apenas no tempo zero, considerando-se o congelamento por AE. Ao considerar-se o congelamento por AF, os teores de fenólicos também foram maiores na polpa SP, no tempo zero, mas menores, aos 12 meses de armazenamento, o que sugere o efeito, em longo prazo, da retenção de fenólicos promovida pela pasteurização, nas polpas congeladas por AE. De fato, a pasteurização pode reduzir e até mesmo inibir completamente a atividade de enzimas, como as polifenoloxidasas e peroxidases, que oxidam fenólicos, ao longo do armazenamento, com previsíveis efeitos em longo prazo.

A retenção média dos fenólicos nos tratamentos aplicados foi de 51,28 %. Como estudo com mangaba *in natura* armazenada refrigerada, observaram-se queda de 20,41% em apenas 20 dias (LIMA et al., 2015a), a retenção observada nesse estudo após 12 meses de congelamento pode ser considerada boa e o congelamento eficiente na retenção de fenólicos na polpa de mangaba.

Em estudos que avaliaram o teor de fenólicos totais em diferentes polpas de frutas congeladas e armazenadas foi reportada redução, com perdas de até 100% a partir do segundo mês de estocagem em polpa de araçá e perdas de 22,03% para polpa de amora preta armazenada por 3 meses (DAMIANI et al., 2013; JACQUES et al., 2010, respectivamente).

➤ **Carotenoides**

Os carotenoides da polpa de mangaba sofreram influência isolada do tempo (Figura 1C) e reduziram linearmente ao longo do período (8,37%). Embora esses compostos sejam altamente instáveis; tendendo a oxidação e degradação em presença de calor, luz e oxigênio (LEONG; OEY, 2012), a polpa de mangaba avaliada, mesmo após 12 meses de estocagem apresentou alta retenção dos carotenoides originais. A retenção é desejável, uma vez que esses compostos possuem várias atividades biológicas, tais como a atividade antioxidante e pró-vitamina A (ZHANG et al. 2016).

➤ **Perfil de compostos fenólicos (mg 100g⁻¹) HPLC**

O perfil fenólico da mangaba e das polpas é apresentado na tabela 2. Os compostos fenólicos predominantes no fruto foram ácido clorogênico (25,716 mg 100 g⁻¹) e rutina (4,37 mg 100 g⁻¹). Em menores concentrações detectou-se quercetina (0,617 mg 100g⁻¹), (+)-catequina (0,543 mg 100 g⁻¹), ácido *trans*-cinâmico (0,444 mg 100 g⁻¹), ácido *m*-cumárico (0,261 mg 100 g⁻¹) e ácido gálico (0,124 mg 100 g⁻¹). Os fenólicos ácido Ferúlico e *o*-cumárico não foram identificados no fruto e nem nas polpas. Lima et al. (2015b) encontrou também, como predominantes na mangaba, o ácido clorogênico e a rutina, embora com diferentes concentrações (18,091 e 10,260 mg 100 g⁻¹, respectivamente). Outros estudos com mangaba também identificaram altas concentrações de ácido clorogênico (113, 4 µg g⁻¹) (GOMES et al., 2013) e rutina como componente fenólico principal (FERREIRA et al., 2007).

Considerando o importante papel dos fenólicos e a capacidade antioxidante que desempenham na saúde humana (SUN et al., 2015), é importante identificar além do perfil fenólico do fruto, o efeito do

processamento e armazenamento da mangaba processada, já que sua perecibilidade limita seu consumo fresco.

Os fenólicos individuais do fruto apresentaram diferenças expressivas com o despulpamento, pasteurização, congelamento e tempo de armazenamento. Observou-se pequeno aumento do ácido gálico (4,44%) com o processamento, independente da pasteurização. As concentrações de ácido gálico oscilaram ao longo do tempo e a retenção final foi de 6,15% na polpa congelada por AE/ SP, 16,15% na polpa AF/ SP, 19,40% na polpa AE/P e a maior (29,46%) na polpa congelada por AF e P. Portanto, a combinação do congelamento por AF e a pasteurização foi mais eficiente na retenção desse ácido fenólico.

Tabela 2 Compostos Fenólicos, por HPLC, de polpas de mangaba pasteurizadas, congeladas e armazenadas por 12 meses.

Composto Fenólico	Fruto/ Tempo (meses)	Concentração do composto fenólico de cada Tratamento (mg 100 g ⁻¹)*			
		AE S/ Pasteurizar	AF S/ Pasteurizar	AE Pasteurizada	AF Pasteurizada
gallic acid	Fruto	0,124±0,02			
	0	0,130 ± 0,00	0,130 ± 0,00	0,129 ± 0,01	0,129 ± 0,02
	3	0,126 ± 0,00	0,128 ± 0,01	0,141 ± 0,02	0,132 ± 0,00
	6	0,128 ± 0,01	0,133 ± 0,01	0,515 ± 0,13	0,770 ± 0,16
	9	0,068 ± 0,00	0,051 ± 0,00	0,099 ± 0,00	0,081 ± 0,00
	12	0,008 ± 0,00	0,021 ± 0,00	0,025 ± 0,00	0,038 ± 0,00
(+) catechin	Fruto	0,543±0,04			
	0	0,213 ± 0,00	0,213 ± 0,00	0,601 ± 0,16	0,601 ± 0,16
	3	0,537 ± 0,00	0,565 ± 0,02	0,593 ± 0,12	0,639 ± 0,01
	6	2,077 ± 0,23	2,210 ± 0,04	1,956 ± 0,37	2,256 ± 0,17
	9	1,491 ± 0,84	1,545 ± 0,46	2,191 ± 0,06	1,828 ± 0,68
	12	2,450 ± 0,09	2,407 ± 0,17	2,369 ± 0,25	2,484 ± 0,06
Chlorogenic acid	Fruto	25,716 ± 2,13			
	0	15,699 ± 0,90	15,699±0,90	15,583±0,31	15,583 ±0,31
	3	4,991 ± 0,23	5,133 ± 0,31	6,934 ± 1,19	7,089 ± 1,15
	6	0,359 ± 0,00	0,351 ± 0,00	0,355 ± 0,24	0,380 ± 0,01
	9	ND	ND	ND	ND
	12	ND	ND	ND	ND

Continuação...

Composto Fenólico	Fruto/ Tempo (meses)	Concentração do composto fenólico de cada Tratamento (mg 100 g ⁻¹)*			
		AE S/ Pasteurizar	AF S/ Pasteurizar	AE Pasteurizada	AF Pasteurizada
Cafeic acid	Fruto	ND			
	0	0,075 ± 0,00	0,075 ± 0,00	0,085 ± 0,00	0,085 ± 0,00
	3	0,132 ± 0,00	0,09 ± 0,008	0,093 ± 0,00	0,089 ± 0,00
	6	0,083 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,026 ± 0,00	0,018 ± 0,00
	9	ND	ND	ND	ND
	12	ND	ND	0,050 ± 0,00	0,083 ± 0,00
vanillic acid	Fruto	0,044 ± 0,02			
	0	0,018 ± 0,00	0,018 ± 0,00	0,049 ± 0,00	0,049 ± 0,00
	3	0,124 ± 0,00	0,106 ± 0,01	0,117 ± 0,00	0,089 ± 0,00
	6	0,036 ± 0,00	0,033 ± 0,00	0,026 ± 0,01	0,018 ± 0,00
	9	ND	ND	ND	ND
	12	ND	ND	ND	ND
Acid p-cumáric	Fruto	0,019 ± 0,00			
	0	0,046 ± 0,00	0,046 ± 0,00	0,038 ± 0,00	0,038 ± 0,00
	3	0,046 ± 0,00	0,044 ± 0,00	0,044 ± 0,00	0,071 ± 0,00
	6	ND	ND	ND	ND
	9	ND	ND	ND	ND
	12	ND	ND	ND	ND
<i>m</i> -coumaric acid	Fruto	0,261 ± 0,07			
	0	0,171 ± 0,00	0,171 ± 0,00	0,127 ± 0,00	0,127 ± 0,00
	3	0,162 ± 0,00	0,125 ± 0,05	0,163 ± 0,00	0,146 ± 0,02
	6	0,098 ± 0,00	0,075 ± 0,00	0,076 ± 0,00	0,087 ± 0,02
	9	0,033 ± 0,00	0,031 ± 0,00	0,041 ± 0,00	0,054 ± 0,00
	12	0,034 ± 0,00	0,039 ± 0,00	0,059 ± 0,00	0,099 ± 0,05

Continuação...

	Fruto		0,617 ± 0,08		
Quercetina	0	0,510 ± 0,00	0,510 ± 0,00	0,511 ± 0,00	0,511 ± 0,00
	3	0,550 ± 0,00	0,553 ± 0,00	0,545 ± 0,00	0,536 ± 0,00
	6	0,540 ± 0,00	0,541 ± 0,00	0,538 ± 0,00	0,533 ± 0,00
	9	ND	ND	ND	ND
	12	ND	ND	ND	ND
	Fruto		0,444 ± 0,11		
<i>trans</i> -cinnamic acid	0	0,525 ± 0,03	0,525 ± 0,03	0,444 ± 0,08	0,444 ± 0,08
	3	0,427 ± 0,01	0,406 ± 0,09	0,427 ± 0,00	0,274 ± 0,05
	6	0,520 ± 0,01	0,539 ± 0,03	0,420 ± 0,03	0,424 ± 0,06
	9	0,558 ± 0,00	0,532 ± 0,03	ND	ND
	12	0,554 ± 0,00	0,546 ± 0,00	ND	ND
	Fruto		4,137 ± 0,02		
Rutin	0	4,131 ± 0,23	4,131 ± 0,23	4,115 ± 0,41	4,115 ± 0,41
	3	3,41 ± 0,45	3,192 ± 0,46	3,944 ± 0,32	3,816 ± 0,12
	6	2,883 ± 0,42	2,448 ± 0,38	2,082 ± 0,33	2,596 ± 0,31
	9	1,691 ± 0,00	1,822 ± 0,11	1,614 ± 0,01	1,715 ± 0,08
	12	1,164 ± 0,14	1,562 ± 0,18	1,566 ± 0,06	1,553 ± 0,27

* Mean values from two repetitions ± Standard deviation

As concentrações de (+)-catequina variaram com o processamento, reduzindo 60% nas polpas SP e aumentando 10,68% com a pasteurização. A pasteurização e os métodos de congelamento não afetaram, de forma geral, as concentrações de catequina, ao longo do armazenamento. Entretanto, observou-se aumento expressivo generalizado desse composto durante o armazenamento. Vários estudos sugerem que o processamento térmico de produtos crus pode aumentar a quantidade de compostos fenólicos livres no produto final, liberando-os das células (RUBIÓ et al., 2014). Porém, nesse caso, houve maior aumento no produto sem pasteurização.

O ácido clorogênico, fenólico predominante encontrado, apresentou redução média de 39,17% após o processamento independente do tratamento, redução expressiva nos tempos 3 e 6 meses, não sendo identificado à partir de 9 meses de estocagem. O ácido cafeico, não identificado no fruto, foi identificado em baixas concentrações após processamento (média de 0,075 mg 100 g⁻¹), oscilando até o sexto mês, não sendo mais identificado à partir de 9 meses. Vallverdú-Queralt et al. (2012) identificaram aumento do ácido cafeico em tomates quando submetidos ao tratamento térmico, indicando que o calor pode aumentar a disponibilidade desse ácido, embora seja instável ao armazenamento prolongado.

O ácido vanílico reduziu 59,09% com o despulpamento, entretanto, foi observado aumento de 11,36% após pasteurização. Ao longo do armazenamento seus teores variaram apresentando elevação até o terceiro mês, seguida de redução até sexto mês e não foi mais detectado a partir de nono mês.

Houve aumento expressivo do ácido *p*-cumárico com o processamento, tanto na polpa SP (142,1%) quanto na polpa P (100%), permanecendo estável até os 3 meses de armazenamento e não sendo mais identificado à partir de 6 meses. Já o ácido *m*-cumárico mostrou redução com o processamento nos dois tipos de polpas SP (34,48%) e P (51%), relativa estabilidade até 3 meses e

retenção média final de 21,34% nas polpas SP e diferentes retenções na polpa P para AE (46,45%) e AF (77,95%) em relação ao tempo zero. Assim, a preservação desse composto é mais efetiva quando se usa a pasteurização, a despeito do método de congelamento, embora entre os dois métodos de congelamento, o AF tenha sido o mais eficiente.

Quanto à quercetina, houve redução de 17,34% independente do tratamento no tempo zero. Permaneceu estável até os 6 meses, porém não foi mais identificada à partir de 6 meses.

O ácido *trans*-cinâmico aumentou com o despulpamento 18,24% e permaneceu estável após pasteurização. Seus valores ficaram estáveis até o final do armazenamento nas polpas SP. Já nas polpas P este composto foi detectado apenas até 6 meses.

A grande instabilidade dos ácidos hidroxicinâmicos (clorogênico, cafeico e *p*-cumárico), ao longo do período de armazenamento, pode ser devido ao processo de oxidação catalítica desses ácidos a *o*-quinonas reativas, que podem interagir com grupos NH₂ e SH de aminoácidos (Friedman, 1992).

Os teores médios de Rutina, independente do tipo do processamento aplicado, pouco variaram no tempo zero, porém caíram acentuadamente ao longo do tempo. A menor retenção observada foi da polpa SP congelada por AE (28,17%) e as maiores nas polpas P (média de 37,91%). Embora a rutina tenha se mostrado estável ao despulpamento e pasteurização na mangaba, sua instabilidade ao tratamento térmico em tomates já foi relatada (VALLVERDÚ-QUERALT et al., 2012).

A redução de compostos fenólicos pode ocorrer pela degradação oxidativa durante o processamento de polpa de frutas, como resultado da liberação e ação da polifenoloxidase (MANACH et al., 2004). Essas reações de degradação podem ter sido intensificadas com o armazenamento, mesmo as polpas estando congeladas.

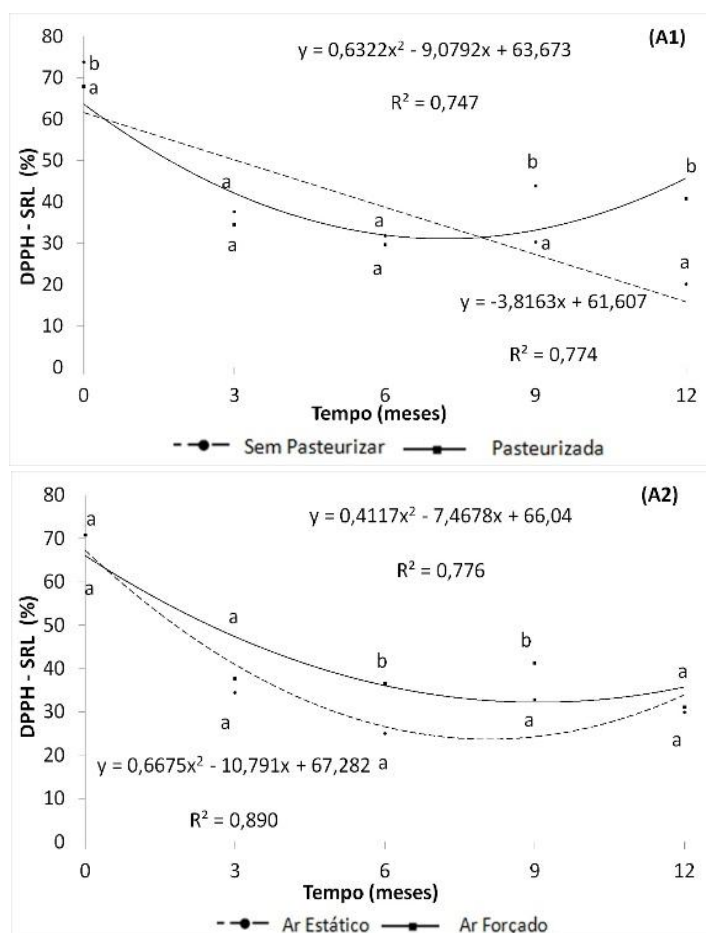
A degradação da quercetina e rutina pode ter sido causada por espécies reativas de oxigênio que são capturadas por flavonóis, já que durante processamento térmico os flavonóis são capazes de transferir um ou dois átomos de hidrogênio, levando a formação de quinonas (HVATTUM; EKEBERG, 2003).

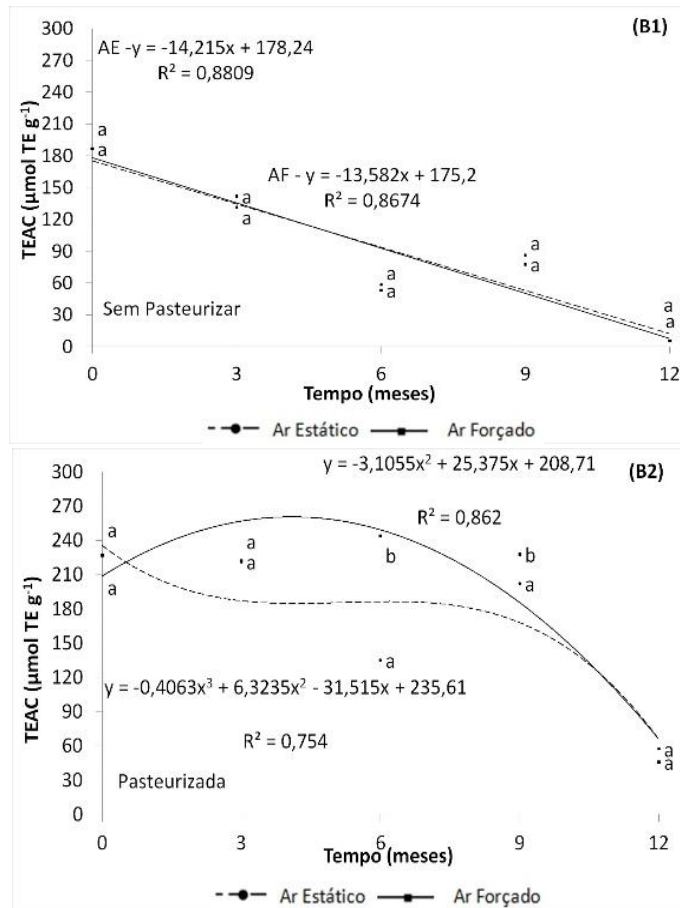
De modo geral a maioria dos fenólicos individuais apresentou redução expressiva ao longo do tempo, sendo muitos não identificados após 6 meses de armazenamento, independente do tratamento. A redução de compostos fenólicos individuais em polpa de frutas (sem pasteurizar e pasteurizado), tem sido relatada em outros estudos com polpas de morango (ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ et al., 2014) e amora preta (JACQUES et al., 2010).

➤ **Capacidade antioxidante (CA)**

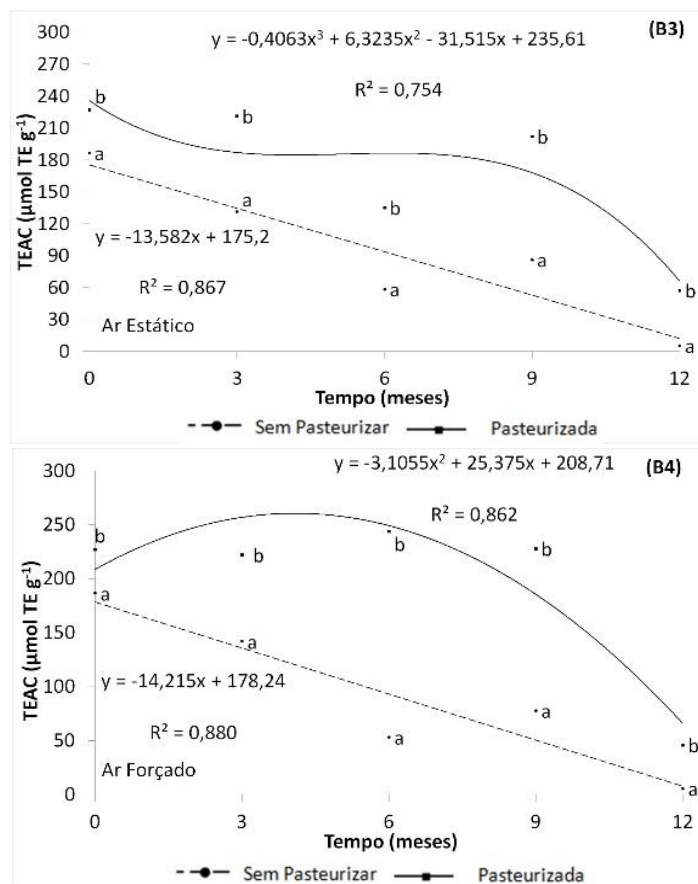
Quanto a CA (DPPH) das polpas houve efeito da interação entre tempo e pasteurização e entre tempo e método de congelamento da polpa de mangaba estudada (FIGURA 2 A1 e A2).

Figura 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Capacidade Antioxidante (DPPH) (A1-2) e Capacidade Antioxidante (TEAC) (B1 - 4) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.





Continuação...



Quanto à interação entre tempo e pasteurização (FIGURA 2 A1) observou-se redução linear na polpa SP, ao longo do tempo, de 74,74% para 20,14% SRL, enquanto a polpa P reduziu até o sexto mês, finalizando com 40,78% SRL indicando que a pasteurização proporcionou maior retenção da CA na estocagem por longo período, possivelmente devido ao efeito do calor na diminuição da atividade de enzimas deterioradoras como PPO e POD. Quanto ao congelamento, observou-se queda da CA nos dois métodos aplicados, permanecendo estatisticamente iguais no final da estocagem (FIGURA 2 A2).

Estudo com mangaba armazenada refrigerada durante 20 dias também identificou redução da CA (% SRL DPPH), sendo 62% de redução já no primeiro dia (LIMA et al., 2015a). Os autores atribuíram essa redução à diminuição de compostos antioxidantes como vitamina C e compostos fenólicos presentes no fruto. A redução de compostos biativos, vitamina C, carotenoides e fenólicos foi também observada nesse estudo, sendo os últimos os que apresentaram reduções mais expressivas.

Na avaliação da CA pelo método do radical ABTS, foi observada interação tripla entre os fatores tempo, pasteurização e método de congelamento (FIGURAS 2 B1, B2, B3 e B4). Quanto à avaliação do congelamento dentro de cada nível de pasteurização, na polpa SP houve redução linear da CA equivalente ao Trólox (TEAC) ao longo do tempo nos dois métodos de congelamento (AE e AF), não havendo diferença estatística entre ambos e retenção média final de apenas 2,94% da CA (FIGURA 2 B1). Já na polpa P houve tendência de queda da CA nos dois métodos de congelamento, sem diferença estatística no final do período, mostrando retenção média de 22,72% (FIGURA 2 B2). Novamente indicando eficiência da pasteurização da redução da atividade enzimática.

Na avaliação da Pasteurização, dentro de cada método de congelamento, observam-se nos dois tipos de congelamento (FIGURA 4 B3 – B4) que a polpa P, embora tenha mostrado tendência de queda durante o tempo de estocagem, mostrou CA quase 10 vezes superior (média de $51,59 \mu\text{mol TE g}^{-1}$) à polpa SP ($5,49 \mu\text{mol TE g}^{-1}$). A maior CA nas polpas P desde o tempo zero de armazenamento pode ser atribuída ao fato de menor atividade enzimática de produtos pasteurizados (PARKER et al., 2010). A maior disponibilidade de antioxidantes após tratamentos térmicos também tem sido relatada em outros estudos (ZARO et al., 2015).

Os resultados desse estudo indicam tendência geral de redução da CA da polpa de mangaba pelos tratamentos aplicados. Esses resultados são condizentes com outras pesquisas que avaliaram a CA de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutas *in natura* e polpas congeladas (FREIRE et al., 2013), e que avaliaram o efeito do congelamento e processamento sobre a capacidade antioxidante de goiaba, morango e pera durante armazenamento por 90 dias, a -15 ° C.

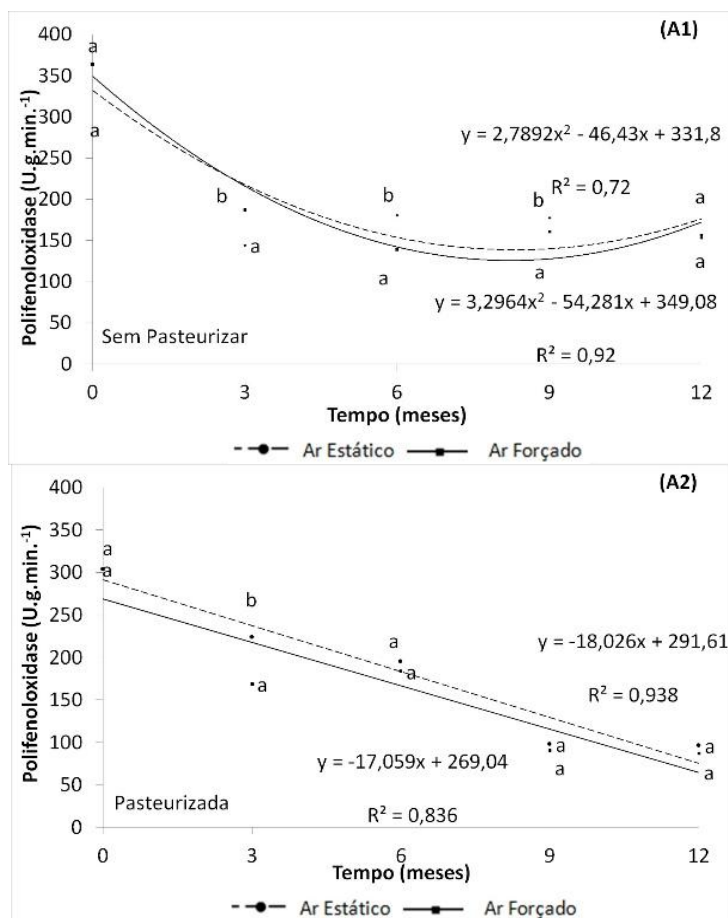
Embora a metodologia pelo método DPPH tenha mostrado menor perda da CA que pelo método ABTS, as duas metodologias mostraram coerência de redução com os tratamentos empregados. A redução da CA pode ser justificada pela redução nos teores dos compostos bioativos apresentados anteriormente, principalmente com o aumento do tempo de armazenamento, indicando que o maior tempo de estocagem conspira para a perda da CA da polpa de mangaba.

➤ **Enzimas**

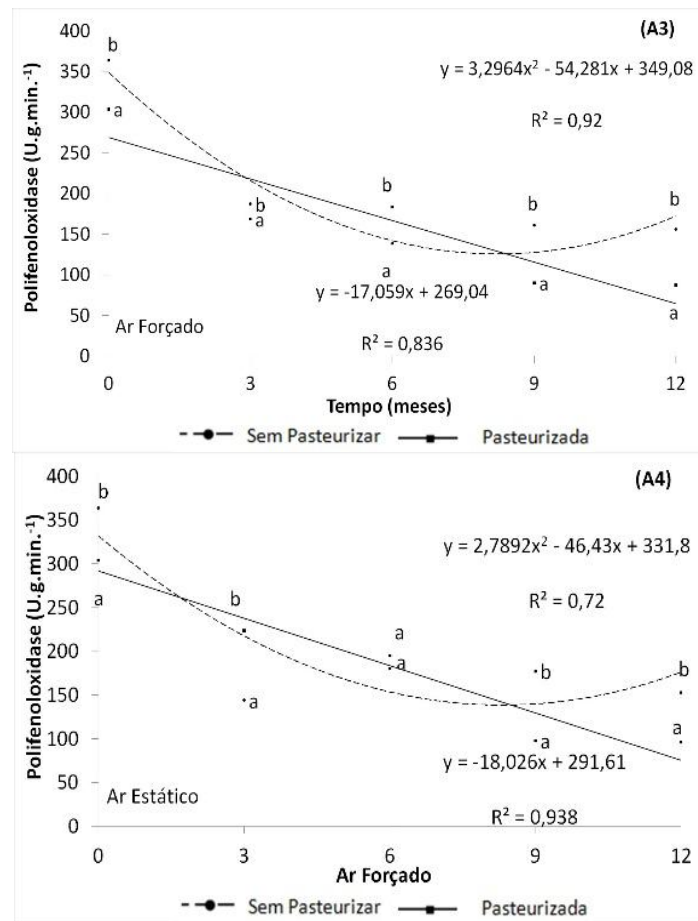
As polifenoloxidasas (PPO) e peroxidases (POD) podem promover grande variedade de reações de escurecimento e biodegradação de compostos bioativos, sendo a mangaba um fruto com alta atividade dessas enzimas (TABELA 1). Entretanto, temperatura e tempo de armazenamento afetam, significativamente, o escurecimento e a atividade da PPO e POD (MENOLLI et al., 2008).

Houve interação tripla dos fatores tempo, pasteurização e método de congelamento na atividade da enzima PPO da polpa de mangaba. Quanto à avaliação do congelamento dentro de cada nível de pasteurização, observou-se pouca diferença da atividade da PPO nos dois métodos de congelamento (FIGURA 3 A1 e A2) e redução ao longo do tempo, nas polpas SP e P. Polpa sem pasteurizar houve diferença nos 3, 6 e 9 meses – comportamento quadrático, com queda acentuada nos 3 primeiros meses, seguida de tendência de estabilização até o final do armazenamento.

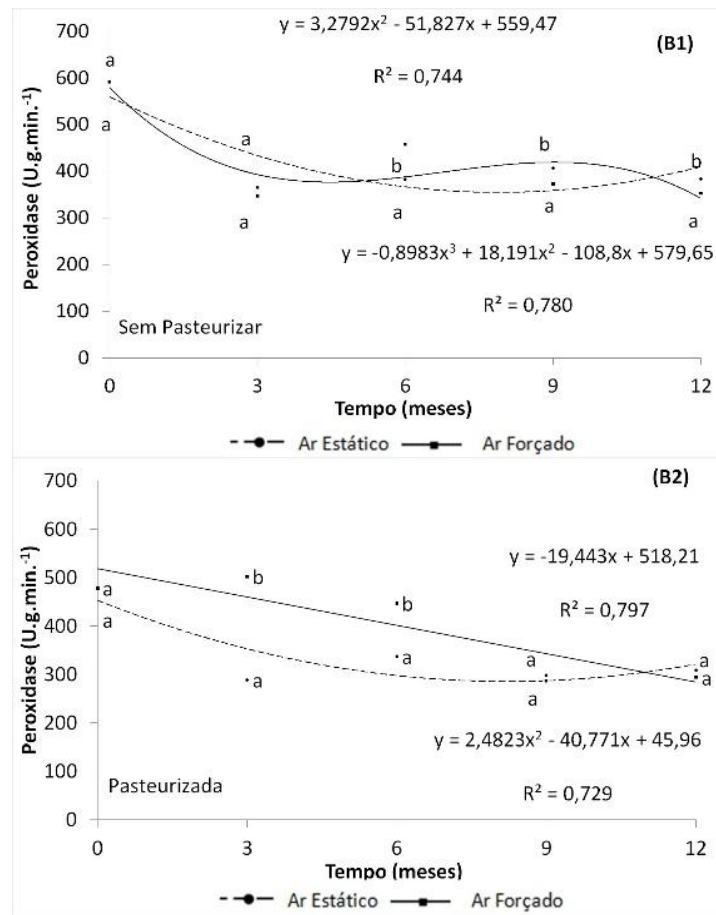
Figura 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação da Polifenoloxidase (A1-4) e Peroxidase (B1-4) da polpa de Mangaba armazenada congelada (-18°C) ao longo de doze meses. Médias seguidas pela mesma letra, em cada tempo de armazenamento, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.



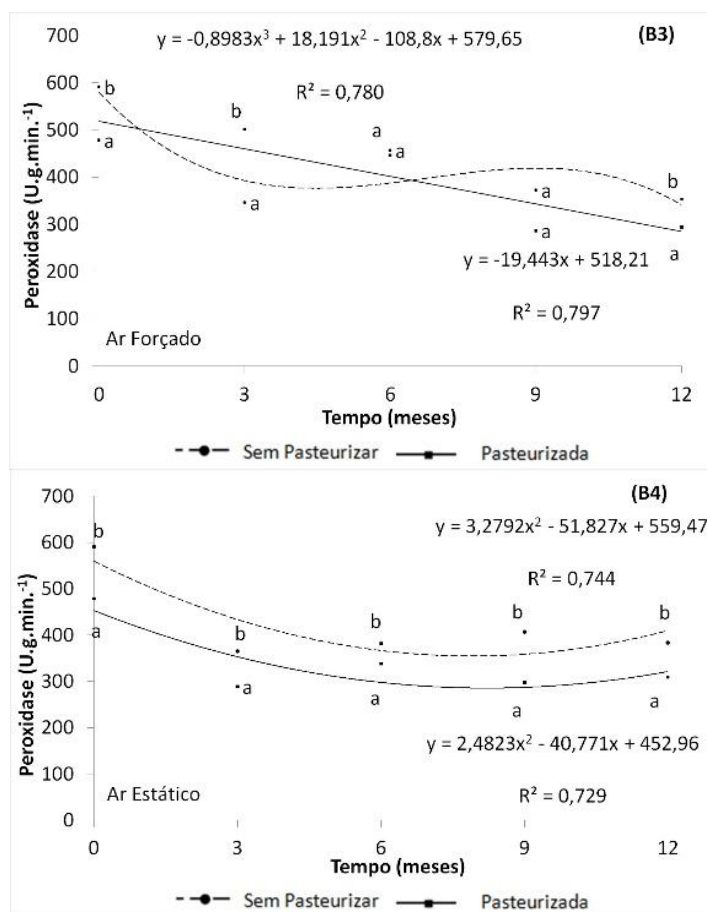
Continuação...



Continuação...



Continuação...



Na avaliação da pasteurização e métodos de congelamento (FIGURA 3 A3 e A4), nas polpas submetidas ao congelamento por AF houve redução linear da atividade da PPO da polpa P com retenção da atividade em 28,7%, enquanto a polpa SP apresentou maior atividade no tempo zero e retenção de 42,93% no final do armazenamento. No congelamento por AE, a polpa P e SP mostrou comportamento semelhante ao do congelamento por AF com retenção maior no final do período na polpa SP (42,03%) que na polpa P (31,71%). Embora com tendência de redução ao longo do tempo, a PPO manteve atividade enzimática significativa podendo justificar a degradação de compostos fenólicos totais e perfil fenólico discutido anteriormente.

Estudo sobre estabilidade da PPO em polpa de cupuaçu congelada sem pasteurização e armazenada congelada por 12 meses registrou aumento da atividade (MARTIM et al., 2013), evidenciando efeito positivo da pasteurização na redução da atividade da PPO em polpas de frutas, conforme descrito anteriormente (PARKER et al., 2010).

Assim como a PPO a Peroxidase foi influenciada pela interação tripla dos fatores pasteurização, método e congelamento e tempo de armazenamento. De modo geral houve redução da atividade da POD ao longo do tempo (FIGURA 3 B1- B4). Diferença estatística ($p > 0,05$) mais expressiva pode ser observada na avaliação da pasteurização dentro de cada método de congelamento. No congelamento por AF a polpa P teve a atividade da POD reduzida linearmente, na polpa SP a enzima oscilou ao longo do tempo mantendo maior atividade no final do período ($383,2 \text{ U g mim}^{-1}$) que a polpa P ($309,13 \text{ U g mim}^{-1}$). Já no congelamento por AE os dois tipos de polpa (P e SP) reduziram ao longo do tempo, porém a polpa SP também mostrou maior atividade que a P ao longo de todo o período, o que evidencia o efeito favorável da pasteurização também na redução da atividade da POD. A literatura reporta alta resistência das enzimas PPO e POD ao calor (ZHANG; SHAO, 2015), mas também que o tratamento térmico adequado é eficiente na redução da atividade dessas enzimas (VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007; PARKER et al., 2010), o que foi constatado nesse estudo e por Vanini et al. (2010) que verificou maior sensibilidade da PPO a temperaturas elevadas (90°C) e mais tempo (10 min.) em polpas de abacate.

Como a menor retenção da PPO foi superior a 28% e da POD 59,69% após 12 meses de congelamento, mesmo após pasteurização, pode-se inferir que a presença de atividade enzimática residual tenha contribuído com a degradação parcial de compostos bioativos discutidos anteriormente, sobretudo compostos fenólicos e capacidade antioxidante.

4 CONCLUSÃO

O fruto apresenta alto teor de vitamina C, fenólicos totais e alta capacidade antioxidante, além de alta atividade de polifenoloxidase e peroxidase, sendo o ácido clorogênico e rutina os fenólicos predominantes.

O método de congelamento por ar forçado é mais eficiente na retenção da vitamina C e a pasteurização favorece maior retenção de fenólicos totais e capacidade antioxidante, bem como menor atividade enzimática da polifenoloxidase e peroxidase.

O armazenamento congelado por até seis meses, independente da pasteurização e método de congelamento, retém a maioria dos fenólicos individuais, sendo a (+)-catequina e o ácido *trans*-cinâmico os mais estáveis.

A polpa de mangaba continua sendo boa fonte de compostos bioativos e possui alta capacidade antioxidante, mesmo após um ano de armazenamento congelado.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBERT A., SALVADOR A., SCHLICH P.; FISZMAN S. Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. **Food Qual Prefer**, 24(1): 111–118, 2012.
- ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; et al. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, 41(1), 1–15, 2008.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, Â.M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. D. C.; Maia, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, 44, 2155–2159, 2011.
- ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, M.; HORNEDO-ORTEGA, ANTONIA RUTH; CERESO, Ana B.; TRONCOSO, Antonia Ruth; GARCÍA-PARRILLA, M. Carmen. Effects of the strawberry (*Fragaria ananassa*) purée elaboration process on non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant activity. **Food Chemistry**, 164, 104–112, 2014.
- BAILÃO, E. F. L. C.; DEVILLA, I. A.; CONCEIÇÃO, E. C. da; BORGES, L. L. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **Int. J. Mol. Sci.**, 16, 23760-23783, 2015.
- BEZERRA, T. S.; FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V. Effects of added sucrose and pectin on the rheological behavior and freezing kinetics of passion fruit pulp studied by response surface methodology. **J Food Sci Technol**, 52(6):3350–3357, 2015.
- BOF, C. M. J; FONTANA, R. C.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T.; SANDRI, I. G. Effect of freezing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. **Braz Arch Biol Techn**, 55:107–4, 2012.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CARDOSO, M. C.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: Nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, 69, 89–99, 2014.

DAMIANI, C.; LAGE, M. E.; SILVA, F. A.; PEREIRA, D. E. P. BECKER, F. S.; VILAS BOAS, E. V. B. Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. **Ciênc Tecnol Aliment**, 33:19-27, 2013.

DONG, J.; ZHANG, X.; ZHANG, L.; BIAN, H.X.; XU, N.; BAO, B.; LIU, J. Quercetin reduces obesity-associated ATM infiltration and inflammation in mice: A mechanism including AMPK alpha 1/SIRT1. **J. Lipid Res.**, 55, 363–374, 2014.

FANIADIS, D.; DROGOUDI, P. D.; VASILAKAKIS, M. Effects of cultivar, orchard elevation, and storage on fruit quality characters of sweet cherry (*Prunus avium* L.). **Scientia Horticulturae**, 125(3), 301–304, 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3.** Lavras-MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, H. C.; SERRA, C. P.; ENDRINGER, D. C.; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. Endothelium-dependent vasodilation induced by *Hancornia speciosa* in rat superior mesenteric artery. **Phytomedicine**, 14, 473–478, 2007.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Cienc. Rural, Santa Maria**, v. 43, n. 12, Dec. 2013.

FRIEDMAN, M. Dietary impact of food processing. **Annu. Rev. Nutr**, 12, 119–137, 1992.

GANGA, R. M.; FERREIRA, G. A.; CHAVES, L. J.; NAVES, V. R.; NASCIMENTO, J. L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa*. Gomes do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 101-113, 2010.

GARCÍA-REYES, R. H.; NARVAEZ-CUENCA, C. E. The effect of pasteurization on the quality of frozen arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) pulp. **J. Food Qual.**, 33, 632–645. 2010.

GOMES, E. D. B.; RAMALHO, S. A.; GUALBERTO, N. C. A rapid method for determination of some phenolic acids in Brazilian tropical fruits of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) and umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) by UPLC. **Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation**, v. 3, p. 1–10, 2013.

GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; GONÇALVES, C. S.; ALCANTARA; E. M. DE; CARVALHO, E. E. N.; J. V. DE RESENDE; CIRILLO, M. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; Temporal dominance of sensations for characterization of strawberry pulp subjected to pasteurization and different freezing methods. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 77, p. 413-421, 2017.

HVATTUM, E.; EKEBERG, D. Study of the collision-induced radical cleavage of flavonoid glycosides using negative electrospray ionization tandem quadrupole mass spectrometry. **Journal of Mass Spectrometry**, Chichester, v. 38, n. 1, p. 43–49, 2003.

INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD. Dietary Reference Intakes. National Academic Press, Washington D.C. 2011.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. **Tupy. Quím. Nova**, 33:1720-1725, 2010.

KRUGER, M. J.; DAVIES, N.; MYBURGH, K. H.; LECOUR, S. Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases. **Food Res. Int.**, 59, 41–52, 2014.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **Food Chemistry**, 133, 1577–1587, 2012.

LIMA, J. P.; FANTE, C. A.; PIRES, C. R. F.; NUNES, E. E.; ALVES, R. R.; ELIAS, H. H. S.; NUNES, C. A.; VILAS BOAS, E. V. de B. The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Sci. Hort.**, 194, 1–6, 2015(a).

LIMA, J. P. de; AZEVEDO, L.; SOUZA, N. J. de; NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. de B. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit *in vivo* and its phenolic profile identification. **Food Research International** 75, 216–224, 2015b.

MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., REMESY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, 79:727–747, 2004.

MANTOVANI, C.; CLEMENTE, E. Peroxidase and polyphenoloxidase activity in tomato *in natura* and tomato purée. **Acta Scientiarum: Technology**, 32, 91–97, 2010.

MARTIM, S. R.; Neto, J. C.; OLIVEIRA, I. M. de A. Physicochemical characteristics and enzymatic activity of peroxidase and polyphenoloxidase in four genotypes of cupuaçu (*Theobromagrandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) submitted to freezing. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 34, 2265–2276, 2013.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isosymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and cell Physiology**, Tóquio, 13, 1091–1101, 1972.

MENOLLI, L. N. et al. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, 30, 57–63, 2008.

MURSU, J.; VIRTANEN, J. K.; TUOMAINEN, T. P.; NURMI, T.; VOUTILAINEN, S. Intake of fruit, berries, and vegetables and risk of type 2 diabetes in Finnish men: The kuopio ischaemic heart disease risk factor study. **Am. J. Clin. Nutr.**, 9:328–333, 2014.

NASSER, F. A. de C. M.; PRADO, H. F. A.; BOLIANI, A. C.; NASSER, M. D. Eficiência de soluções extratoras para análise da peroxidase e polifenoloxidase em mangaba. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, 8, 2, p.69–72, jun. 2014.

OLIVEIRA, L. S. et al. The influence of processing and long-term storage on the antioxidant metabolism of acerola (*Malpighia emarginata*) purée. **Braz. J. Plant Physiol.**, Londrina, v. 23, n. 2, 2011.

OSZMIAŃSKI, J.; WOLNIAK, M.; WOJDYŁO, A.; WAWER, I. Influence of apple purée preparation and storage on polyphenol contents and antioxidant activity. **Food Chem**, 107:1473–1484, 2008.

OZGEN, M.; REESE, R. N.; TULLIO Jr., A. Z.; SCHEERENS, J. C.; MILLER, A. R. Modified 2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *J Agric Food Chem*. 54:1151–1157.

PARKER, T. L.; ESGRO, S. T.; MILLER, S. A.; MYERS, L. E.; MEISTER, R. A.; TOSHKOV, S. A.; ENGESETH, N. J. Development of an optimised papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. **Food Chemistry**, 118 861–869, 2010.

PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION; L. M.; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug **Journal of Ethnopharmacology**, 161, 30–35, 2015.

PICCIANO, M. F.; YETLEY, E. A.; COATES, P. M.; MCGUIRE, M. K. **Update on folate and human health. Nutr.**, 44, 142–152. 2009.

POIANA, M., MOIGRADEAN, D., RABA, D., ALDA, L., POPA, M. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. **Journal of Food, Agriculture & Environment.**, 8, 54-58, 2010.

RAMAYA, S. D.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; KING, W. S.; SAHRIR, M. A. S. Sugar, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2012.

RENO, M. J.; PRADO, M. E. T.; RESENDE, J. V., Microstructural changes of frozen strawberries submitted to pre-treatments with additives and vacuum impregnation. **Cienc. Tecnol. Aliment.** (Campinas, Braz.), 31, 247-256, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods.** Washington: Ilsi, 1999. 119 p.

RUBIÓ, L.; SERRA, A.; MACIÀ, A.; PIÑOL, C.; ROMERO, M. P. MOTILVA, M. J. In vivo distribution and deconjugation of hydroxytyrosol phase II metabolites in red blood cells: A potential new target for hydroxytyrosol. **J. Funct. Foods** 10, 139–143, 2014.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Comunicado técnico – metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Fortaleza: Embrapa, 2007. 4 p.

RUFINO, M., Do, S. M.; ALVES, R. E.; De BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chem.**, 121, 996–1002, 2010.

SOUSA, M. B., CANET, W., ALVAREZ, M. D. and FERNÁNDEZ, C. Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv Heritage) and blackberry (cv Thornfree). **J. Food Eng.**, 78, 9-21, 2007.

SOUZA ALG DE, MOURA AS, CARNELOSSI MAG AND CASTRO AA (2011) Avaliação dos níveis de Aceitação e de intenção de compra da polpa de laranja pera congelada e criocongelada. **Cientia Plena** 7(3): 1-8.

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

SUN, Q.; HEILMANN, J.; KONIG, B. **Natural phenolic metabolites with anti-angiogenic properties—A review from the chemical point of view.** Beilstein J. Org. Chem. 2015, 11, 249–264.

VALLVERDÚ-QUERALT, A.; MEDINA-REMÓN, A.; I, CASALS-RIBES; R.M. LAMUELA-RAVENTOS. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? **J Agric Food Chem.** Sep 26;60 (38):9667-72. Epub 2012, Sep 17, 2012.

VANINI, L. S.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Polyphenoloxidase and peroxidase in avocado pulp (*Persea americana* Mill.) **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 30(2): 525-531, abr.-jun., 2010.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A.L., SCHILLING, S., CARLE, R. and NEIDHART, S. Effects of thermal processing and fruit matrix on b-carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into pure'e and nectar. **Food Chem.** 102, 1172–1186. 2007.

VIEIRA NETO, R. D.; CINTRA, F. L. D.; SILVA, A. L.; SILVA JÚNIOR, J. F.; COSTA, J. L. S.; SILVA, A. A. G.; CUENCA, M. A. G. **Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju. 2002.

VITORINO, L. C.; MOURA, L. C. de; OLIVEIRA, C.; MEGGUER, K. B. de; FURTADO, D. C. Influência da temperatura e do tempo de armazenamento sobre a atividade de enzimas oxidativas em *Hancornia speciosa* Gomes. **Agrotrópica**, 26 (3), 2014.

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

WWW.BIOLOGO.COM.BR.<http://www.biologo.com.br/plantas/cerrado/Mangaba.html>. Figura mangabeira. Acessado em: 08/11/2016.

ZARO, M. J.; KEUNCHKARIAN, S.; CHAVES, A. R.; VICENTE, A. R.; CONCELLON, A. Changes in bioactive compounds and response to postharvest storage conditions in purple eggplants as affected by fruit developmental stage. **Postharvest Biology and Technology**, 96, 110e117, 2014.

ZHANG, X.; SHAO, X. Characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. **Czech J. Food Sci.**, 33: 109–117, 2015.

ZHANG, Q.; CHEN, W.; ZHAO, J.; XI, W. Functional constituents and antioxidant activities of eight Chinese native goji genotypes. **Food Chemistry**, 200, 230–236, 2016.

ARTIGO 2

Versão preliminar para submissão e envio à revista científica.
O conselho editorial do periódico poderá sugerir alterações para adequá-lo ao seu próprio estilo.

EFEITO DA PASTEURIZAÇÃO, CONGELAMENTO E ARMAZENAMENTO PROLONGADO NOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DA POLPA DE MANGABA

Gilma A S Gonçalves^{1*}, Nathane S Resende², Elisângela E N Carvalho², Jaime
V de Resende², Eduardo V de B Vilas Boas²

¹Federal Institute of Education, Science and Technology Southeast - MG,
Barbacena campus, Barbacena, MG

²Food Science Department, Federal University of Lavras, University Campus,
Lavras, MG

RESUMO

Considerando possíveis alterações no aroma natural de frutas e derivados, durante processamento e armazenamento, esse trabalho teve como finalidade avaliar os compostos voláteis da polpa de mangaba, submetida aos processos de pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento prolongado. Foi avaliado o fruto e polpas submetidas a dois níveis de pasteurização (sem pasteurização e pasteurizada) dois métodos de congelamento (ar estático e ar forçado) e cinco tempos de armazenamento (zero, 3, 6, 9 e 12 meses) congelado (-18°C). A extração e análise dos compostos voláteis foram realizadas empregando a técnica de SPME acoplada ao espectrômetro de massas. Foram tentativamente identificados 25 compostos voláteis no fruto e polpas de mangaba, sendo os ésteres predominantes no fruto e nas polpas. Os ésteres 4-Pentenil acetato e isopentil acetato foram predominantes no fruto enquanto nas polpas observou-se, ainda predomínio de etanol a partir de três meses de estocagem. A pasteurização favorece a retenção dos compostos de aroma da polpa de mangaba, independente do método de congelamento. O armazenamento, a partir de nove meses favorece o desenvolvimento ou acúmulo de compostos responsáveis pela degradação do aroma como etanol, etil acetato e ácido acético.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa* Gomes. SPME-GC-MS. Ésteres. Aroma. Conservação de Alimentos.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma da América do Sul, constitui imensurável patrimônio de recursos naturais renováveis, com ênfase para as espécies frutíferas, cujos frutos apresentam características sensoriais agradáveis e até mesmo exóticas, tais como cor, sabor e aroma (SILVA et al., 2015). Esses frutos são, ainda, pouco conhecidos e normalmente, de importância regional, mas a demanda por sabores novos e exóticos tem atraído a atenção das indústrias de aromas para caracterização dos compostos voláteis desses frutos (FRANCO, 2003). Aliado a isso, pesquisas recentes demonstraram o potencial papel dos compostos voláteis para a saúde humana, incluindo ação antioxidante, anti-inflamatória, anticâncer e anti-obesidade (LINNEWIEL-HERMONI et al., 2015; PARK, 2012; LI et al., 2015). Entretanto, o composto de interesse deve suportar o processamento, pois dependendo do tempo e temperatura aplicada pode ser volatilizado ou tornar-se inativo (AYSELI; AYSELI, 2016).

Considerando que o desenvolvimento de produtos alimentares, usando compostos voláteis, parece ser tendência futura graças ao seu potencial mercado em expansão, sugere-se que pesquisas abordem, dentre outros aspectos, a estabilidade desses compostos ao processamento e armazenamento visando sua utilização e retenção em produtos alimentícios (AYSELI; AYSELI, 2016).

A mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), pertencente à família Apocinácea, destaca-se e tem grande potencial para exploração econômica, devido ao seu alto valor nutricional e funcional, além de sabor e aroma intensos e peculiares (GANGA et al, 2009).

Porém, é extremamente precíval quando madura e demanda a aplicação de técnicas de preservação para garantir sua comercialização com segurança e qualidade. Entre essas técnicas, o congelamento é eficiente na conservação de longa duração do sabor e aroma de frutos e derivados, pois a temperatura de

congelamento cristaliza 85-90% da água do fruto, reduzindo a atividade da água, alterações bioquímicas e crescimento microbiano (De ANCOS et al., 2012). Associada ao congelamento, a pasteurização pode ser empregada, pois prolonga a vida útil da polpa por meio da destruição de enzimas e microrganismos, embora algumas alterações possam ocorrer, como a perda de compostos voláteis durante o processamento. Em contrapartida, outros aromas são revelados ou formados pela ação do calor (FELLOWS, 2006).

Os poucos trabalhos publicados sobre compostos voláteis da mangaba identificaram ésteres e álcoois como compostos predominantes (SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; NARAIN et al., 2007, LIMA et al., 2015) e destes apenas Lima et al., (2015) avaliaram o efeito do armazenamento na qualidade dos frutos, pelo emprego da refrigeração ao longo de 20 dias.

O efeito do processamento nos compostos voláteis de frutos e derivados tem sido relatado. Modise (2008) avaliou o armazenamento de morangos congelados por uma semana e identificou aumento da concentração da maioria dos ésteres. O armazenamento hiperbárico evitou mudanças nos compostos chave do aroma de suco de morango (BERMEJO-PRADA et al., 2015). A pasteurização causou diminuição da maioria de álcoois, terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas e sesquiterpenos e aumento significativo de monoterpenos nos compostos voláteis de suco de laranja, enquanto o armazenamento por quatro meses induziu aumento de monoterpenos e sesquiterpenos e redução de ésteres (SÁDECKÁ et al., 2014). O congelamento e o armazenamento por um mês implicou um decréscimo em praticamente todos os componentes (ésteres, aldeídos e álcoois) de kiwis não tratados e previamente desidratados osmoticamente (TALENS et al., 2003). O processo de congelamento e armazenamento, por doze meses não afetaram significativamente o perfil de aroma de quatro cultivares de framboesa (de ANCOS et al., 2000).

Embora a pasteurização e o congelamento de frutas e derivados sejam técnicas de conservação bem estabelecidas, nenhum estudo contemplou a caracterização volátil da mangaba quando submetida ao processamento e armazenamento prolongado. Assim, esta pesquisa, visa avaliar os compostos voláteis da polpa de mangaba submetida aos processos de pasteurização, métodos de congelamento e armazenamento por doze meses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

➤ Obtenção e preparo das amostras

Mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes), do município de Curvelo, Minas Gerais, Brasil (latitude 18° 45 '23"S, longitude 44° 25'51 "W e altitude 632 m), foram colhidas em novembro de 2013 e utilizadas como matéria-prima. Os frutos foram pré-lavados, higienizados em solução de hipoclorito de sódio (100 mg L⁻¹ durante 15 minutos) e despolidos em despoldadeira (Bonina, modelo 0,25 Df). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade (100g por embalagem), utilizando-se embaladora/dosadora (Hubber, modelo DMM20 manual), selados em um selador de pedal Termosolder (R. Baião, modelo 3138).

Metade das embalagens obtidas foi submetida à pasteurização (85°C durante 5 min) e imediatamente resfriada em banho de gelo. As polpas sem pasteurização seguiram diretamente para o congelamento. Os dois tipos de polpa pasteurizada (P) e não pasteurizada (UP) foram divididos em dois lotes e congelados por ar forçado (FA) (Câmara de congelamento com ar forçado, a velocidade do ar foi medida em diferentes locais da câmara utilizando um anemômetro de fio quente TSI 9535-USA, a velocidade média do ar foi de 1,78 ± 0,08 m / s e a temperatura de resfriamento do ar foi de - 25 ± 3°C, durante 10 horas) ou por ar estático (SA) (-18°C). As polpas foram armazenadas num congelador horizontal (Cônsul, modelo CHA31C), a -18°C durante 12 meses. Os compostos voláteis foram analisados no fruto *in natura* e nas polpas nos tempos zero, 3, 6, 9 e 12 meses. As amostras foram descongeladas em água corrente.

➤ **Extração**

Os compostos voláteis foram extraídos pela técnica de microextração em fase sólida (SPME). Utilizou-se fibra de polidimetilsiloxano / divinilbenzeno (PDMS / DVB, 65 μm , Supelco) para a separação dos compostos voláteis presentes na amostra. Quatro gramas de polpa, foram transferidos para um frasco com uma capacidade de 10 mL. As amostras foram agitadas a uma velocidade constante de 1,400 x g e aquecidas a 40°C durante 30 minutos. A fibra foi exposta ao espaço livre do frasco, contendo a amostra. Após 15 minutos de exposição à fibra à temperatura ambiente, a seringa foi imediatamente levada ao injetor cromatográfico, no qual os compostos voláteis foram desorvidos a 220°C durante 2 minutos.

➤ **Identificação**

A identificação dos compostos voláteis foi realizada por cromatografia gasosa, associada à espectrometria de massa (CG-MS). Utilizou-se cromatógrafo Shimadzu CG-2010 Plus (Shimadzu, Japan), equipado com injetor automático para líquidos e gases AOC-5000 (Shimadzu, Japan) com um detector de massa seletivo modelo QP5050A, sob as seguintes condições de funcionamento: coluna SLB™ (5% phenyl- 95% dimethylsiloxane) 30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm de espessura, fase estacionária 5% de difenilo e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor 220°C; temperatura inicial da coluna 40°C, aumentando 3°C por minuto até 240°C; Gás de suporte de hélio, a um caudal de 1,8 mL min⁻¹ na coluna; Razão de divisão 1:8; Volume injetado 1 μL e pressão inicial da coluna 100 KPa.

As condições do espectrômetro de massa foram: detector de massa seletivo operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; Velocidade de exploração 1000 m/z s⁻¹; Intervalo de varrimento 0,5 fragmentos /

segundos e fragmentos detectados de 29 e 600 Da. Cada componente foi tentativamente identificado por comparação dos seus índices de retenção relativamente à co-injecção de uma solução padrão de n-alcenos (C8-C20, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) e por comparação dos espectros de massa de banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 8. FFNSC, 1.2, lib e LIB) e da literatura (ADAMS, 2007). Os índices de retenção foram calculados usando a equação de Van den Dool e Kratz (1963) e para as atribuições, foram consultados os índices de retenção da literatura (ADAMS, 2007). As concentrações dos constituintes presentes na fração volátil foram expressas pela percentagem de área do cromatograma total de íons (área normalizada em percentagem).

➤ **Análise estatística**

Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Uma abordagem quimiométrica, análise de componentes principais (PCA) e análise hierárquica de cluster (HCA), foi aplicada usando o software estatístico R versão 3.3.1 (21-06-2016), (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) para analisar os compostos voláteis do fruto e polpas de mangaba submetidas a dois níveis de pasteurização (sem pasteurizar= UP e pasteurizada= P), dois níveis de método de armazenamento (ar forçado= FA e ar estático=SA) e tempo de armazenamento (zero =T0, 3= T3, 6=T6, 9=T9, e 12=T12 meses). Antes da Quimiometria, todas as variáveis foram auto-escalonadas quanto à importância estatística de todas as respostas. PCA foi aplicada para separar as polpas (n = 19) de acordo com os valores das variáveis, com base em correlações lineares. HCA foi realizada para avaliar semelhanças entre as polpas de acordo com as variáveis analisadas. Nesse sentido, as semelhanças das amostras foram calculadas com base na métrica euclidiana e o método de Ward foi usado para formar e sugerir grupos de amostras semelhantes. O dendograma impõe uma hierarquia por semelhança de modo que é possível ter uma visão bidimensional de todo o conjunto de amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram tentativamente identificados 25 compostos voláteis, sendo 12 destes no fruto e 24 nas polpas, correspondendo à média 63,05% dos compostos voláteis no fruto e 79,28% nas polpas. No fruto, as classes predominantes foram ésteres (46,12%), hidrocarbonetos (13,61%) e álcoois (3,27%), enquanto nas polpas houve predomínio de ésteres (46,77%) e álcoois (29,40%) (TABELAS 1 e 2).

Os compostos voláteis de mangaba, foram anteriormente avaliados e também os ésteres foram os compostos predominantes, identificados por Assumpção et al. (2014) (68,11%), Sampaio; Nogueira (2006) (40,9%) e Narain et al. (2007) (35,48%).

Os ésteres identificados no fruto e polpas de mangaba, ao longo do tempo de armazenamento, são apresentados na Tabela 1. No fruto, houve predominância dos ésteres 4-Pentenil acetato (28,69%), isopentil acetato (11,34%) e prenil acetato (5,57%). Os ésteres isopentil acetato e prenil acetato já foram identificados entre os compostos majoritários em mangaba (SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; ASSUMPÇÃO et al., 2014, OLIVEIRA et al., 2008). O hexil acetato e o etil acetato, também foram previamente identificados no fruto (LIMA et al, 2015; SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006), embora o hexil acetato foi identificado, neste estudo, apenas à partir do nono mês de estocagem. A literatura descreve esses ésteres como aroma frutado forte, doce, abacaxi, banana, frutas tropicais (PLOTTO et al. 2000; PINO et al., 2001; NIU et al., 2011; PRAT et al., 2012). Segundo Oliveira et al. (2008), o purê de mangaba possui aroma frutado e tropical, devido à quantidade relativamente grande de isopentil acetato e 4-pentenil acetato e a complexidade do aroma é atribuído aos ésteres adicionais.

Os ésteres presentes no fruto apresentaram comportamento diferenciado quando submetidos ao processamento e a pasteurização no tempo zero.

Enquanto etil acetato e isopentil acetato diminuíram suas porcentagens de área com o processamento e pasteurização, o 4-pentenil acetato e prenil acetato aumentaram com o processamento, mas reduziram com a pasteurização. Ao longo do tempo de armazenamento o etil acetato e o prenil acetato, de modo geral, tenderam a elevação independente da pasteurização e método de congelamento. O acúmulo do etil acetato é associado ao desenvolvimento de *off-flavors* e aroma químico (LARSEN; WATKINS, 1995; SILVA; HIGUINALDO, 1999). Diferente desses resultados, Sádecká et al. (2014) identificaram redução significativa de ésteres, dentre eles o etil acetato, ao avaliar a estabilidade de compostos voláteis de suco de laranja pasteurizado e armazenado refrigerado por 4 meses. O isopentil acetato e o 4-pentenil acetato mostraram certa estabilidade tanto nas polpas P quanto SP, nos dois métodos de congelamento. Apenas o éster hexil acetato foi identificado com pequenas porcentagens de área a partir do nono mês de estocagem, independente da pasteurização e do método de congelamento; indicando que esse composto foi formado após armazenamento prolongado. Porém como apresenta aroma frutado agradável e odor de pera (MENG et al., 2011) sua presença não compromete o aroma da polpa armazenada.

Tabela 1 Porcentagem de área de ésteres tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.

		Ésteres					
Tempo (meses)	Amostras	Etil acetato	Isopentil acetato	4-Pentenil acetato	Prenil acetato	Hexil acetato	
		LRI* 819	881	918	874	1071	
0	F	0,52 ± 0,60	11,34 ± 0,76	28,69 ± 6,36	5,57 ± 6,29	nd**	
	SP	0,33 ± 0,14	7,61 ± 0,48	50,29 ± 11,26	6,23 ± 3,56	nd	
	P	0,37 ± 0,20	6,52 ± 2,96	44,11 ± 18,20	3,38 ± 0,73	nd	
3	SPAE	0,21 ± 0,02	18,69 ± 1,77	25,02 ± 0,49	10,05 ± 3,39	nd	
	SPAF	0,31 ± 0,20	15,18 ± 0,20	30,79 ± 13,39	6,41 ± 2,86	nd	
	PAE	0,33 ± 0,21	15,86 ± 1,56	23,91 ± 1,41	3,17 ± 4,48	nd	
	PAF	0,30 ± 0,19	18,54 ± 0,95	25,38 ± 4,52	nd	nd	
6	SPAE	0,51 ± 0,12	11,17 ± 2,40	29,59 ± 11,29	7,57 ± 3,02	nd	
	SPAF	2,10 ± 0,60	16,05 ± 1,90	25,00 ± 3,74	5,97 ± 1,38	nd	
	PAE	0,09 ± 0,04	5,85 ± 0,23	21,83 ± 10,24	nd	nd	
	PAF	0,10 ± 0,01	8,72 ± 0,69	28,45 ± 9,40	nd	nd	
9	SPAE	6,86 ± 2,25	13,67 ± 10,88	15,22 ± 7,50	9,79 ± 5,04	0,1 ± 0,08	
	SPAF	2,94 ± 0,03	4,58 ± 3,29	20,92 ± 5,01	9,48 ± 7,55	0,14 ± 0,02	
	PAE	5,40 ± 2,22	15,11 ± 11,17	15,68 ± 9,30	8,97 ± 6,72	0,10 ± 0,10	
	PAF	5,05 ± 3,08	12,99 ± 9,38	21,50 ± 18,60	9,99 ± 5,01	0,13 ± 0,01	
12	SPAE	1,83 ± 0,22	10,75 ± 12,24	7,88 ± 4,48	9,33 ± 8,92	0,06 ± 0,04	
	SPAF	5,13 ± 2,42	13,36 ± 7,67	13,53 ± 7,67	8,68 ± 4,91	0,10 ± 0,06	
	PAE	5,79 ± 3,15	13,02 ± 5,94	17,06 ± 2,20	5,41 ± 5,71	0,11 ± 0,03	
	PAF	3,18 ± 1,10	4,21 ± 0,78	31,91 ± 9,43	12,16 ± 3,61	0,11 ± 0,01	

*LRI (Wiley-NIST): Linear retention indices matching with the Wiley 7th Edition and NIST 05 Mass Spectra Libraries. **nd: não detectado. ***Mean values from two repetitions ± Standard deviation. Siglas: F (fruto), SP (Sem pasteurizar), P (pasteurizada), SPAE (sem pasteurizar congelada por ar estático), SPAF (sem pasteurizar congelada por ar forçado), PAE (pasteurizada congelada por ar estático) e PAF (pasteurizada congelada por ar Forçado).

Na Tabela 2 são apresentados os álcoois do fruto e polpas de mangaba. No fruto o 3-metil-3-buten-1-ol foi predominante (2,56%). Os álcoois 3-metil-3-buten-1-ol, o 1-Butanol <3-metil>, o 2,3 butanediol, o etanol e o hexanol identificados neste trabalho, já foram identificados anteriormente em mangaba (ASSUMPCÃO et al., 2014; SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; NARAIN et al., 2007; LIMA et al, 2015).

O etanol, o 1-Butanol <3-metil> e o 3-metil-3-buten-1-ol são identificados em todos os tempos e tratamentos, à exceção 1-Butanol <3-metil> que não é identificado no fruto e na polpa SP (sem pasteurização) no tempo zero. Isso indica que esses álcoois são constituintes comuns de polpas de mangaba. Eles apresentam aroma alcoólico, frutado, notas frescas e florais (PINO; RONCAL, 2015; PRAT et al., 2014; MOLIMARD; SPINNLER, 1996; BOUSETA, et al., 1996).

O etanol, presente no fruto, teve sua porcentagem de área aumentada com o processamento (358,44% com o despolpamento e 432,46% com a pasteurização). Esse aumento foi ainda mais expressivo com o aumento do tempo de estocagem (TABELA 2) com comportamento semelhante tanto nas polpas P e SP nos dois métodos de congelamento. Embora os álcoois, sejam constituintes comuns da mangaba (ASSUMPCÃO et al., 2014; SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; NARAIN et al., 2007; LIMA et al, 2015) e outros frutos, pouco contribuem para o sabor, sendo irrelevantes como compostos olfativos de impacto (BERMEJO-PRADA et al., 2015). Entretanto, a literatura indica que o acúmulo de alguns álcoois como etanol é associado a alterações no perfil de aroma de frutos, devido a um aumento na produção de ésteres de etilo em relação a outros ésteres de alquilo (PELAYO et al., 2003; PELAYO-ZALDIVAR et al., 2007). O etanol já foi descrito como tendo aromas químicos e penetrantes (PRAT et al., 2014), fruta muito madura e “*off-flavor*”, sugerindo menor preferência quanto ao sabor (MAYUONI-KIRSHINBAUM et al., 2013).

Assim, pode-se inferir que o aumento das porcentagens de área e a geração de diferentes tipos de álcoois no armazenamento prolongado (butanol, 2-buten-1-ol-3-metil, 2-3 hexanediol, 2-3 butanediol e hexanol), tanto nas polpas P quanto nas polpas SP e independente do método de congelamento, poderia comprometer a qualidade do aroma das polpas de mangaba, pois esses álcoois são descritos como tendo aroma intoxicante, alcoólico, picante, verde, herbáceo, fresco e frutado (MENG et al., 2011; SILVA; HIGUINALDO, 1999; PRAT et al., 2014; NIU et al, 2011; PINO; RONCAL, 2015).

A identificação desses álcoois, mesmo a polpa estando congelada, indica que enzimas de síntese de voláteis podem ser retidas durante estocagem congelada e eventualmente ativadas durante descongelamento. Ou ainda que, como nem toda a água existente no alimento passa ao estado cristalino, a ocorrência de reações químicas e enzimáticas pode continuar ocorrendo, embora a velocidades mais baixas (SOUSA et al., 2007).

Tabela 2 Porcentagem de área de Álcoois tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.

Tempo (meses)	Amostras	Álcoois							
		Etanol	Butanol	1- Butanol <3- metil->	3-metil-3- buten-1-ol	2-Buten-1-ol, 3-metil-	2,3-Hexanediol	2,3-Butanediol	Hexanol
		LRI* 930	907	747	746	1245	906	804	891
0	F	0,77 ± 0,95	nd**	nd	2,56 ± 2,95	nd	nd	nd	nd
	SP	2,76 ± 0,43	nd	7,54 ± 1,39	1,10 ± 1,55	nd	nd	nd	nd
	P	3,33 ± 3,34	nd	nd	3,84 ± 5,42	nd	nd	nd	nd
3	SPAE	20,76 ± 2,98	nd	8,33 ± 0,92	2,59 ± 0,75	nd	nd	nd	nd
	SPAF	16,52 ± 2,81	nd	2,69 ± 3,80	2,72 ± 1,03	nd	nd	nd	nd
	PAE	15,51 ± 4,50	nd	1,60 ± 1,21	4,54 ± 1,25	nd	nd	nd	nd
	PAF	14,75 ± 3,89	nd	1,72 ± 2,43	1,98 ± 0,03	nd	nd	nd	nd
6	SPAE	15,17 ± 3,51	nd	8,69 ± 0,68	6,46 ± 0,90	nd	nd	nd	0,05 ± 0,06
	SPAF	16,78 ± 1,65	nd	8,09 ± 0,46	5,05 ± 4,19	nd	nd	nd	0,12 ± 0,01
	PAE	13,45 ± 5,48	nd	1,18 ± 0,20	4,01 ± 5,67	nd	nd	nd	0,05 ± 0,06
	PAF	15,90 ± 0,65	nd	1,18 ± 0,21	6,53 ± 0,54	nd	nd	nd	0,07 ± 0,09
9	SPAE	21,31 ± 17,06	0,13 ± 0,03	4,90 ± 1,27	9,33 ± 2,45	1,03 ± 0,04	0,05 ± 0,04	2,45 ± 1,86	0,15 ± 0,09
	SPAF	20,54 ± 11,05	0,11 ± 0,01	1,44 ± 0,92	5,64 ± 2,14	1,26 ± 0,34	0,69 ± 0,76	7,10 ± 4,89	0,12 ± 0,04
	PAE	20,13 ± 14,85	0,00 ± 0,00	6,57 ± 2,67	10,85 ± 6,68	1,16 ± 0,63	0,09 ± 0,01	1,44 ± 0,78	0,10 ± 0,03
	PAF	18,54 ± 14,15	0,00 ± 0,00	2,74 ± 2,23	5,24 ± 1,34	1,35 ± 0,30	0,18 ± 0,06	5,57 ± 6,39	0,09 ± 0,13
12	SPAE	25,43 ± 11,12	0,16 ± 0,05	2,12 ± 2,55	9,59 ± 6,44	1,17 ± 1,48	0,19 ± 0,26	5,87 ± 5,59	1,10 ± 1,45
	SPAF	19,98 ± 10,70	0,13 ± 0,02	6,58 ± 2,56	10,94 ± 5,44	1,55 ± 0,80	0,11 ± 0,03	5,57 ± 2,67	0,20 ± 0,11
	PAE	13,38 ± 6,87	0,05 ± 0,04	3,37 ± 1,22	5,12 ± 1,13	0,58 ± 0,04	0,10 ± 0,01	5,83 ± 4,72	0,10 ± 0,02
	PAF	13,34 ± 5,06	0,06 ± 0,01	1,69 ± 0,33	6,45 ± 0,93	0,69 ± 0,47	0,33 ± 0,02	7,32 ± 2,03	0,09 ± 0,01

*LRI (Wiley-NIST): Linear retention indices matching with the Wiley 7th Edition and NIST 05 Mass Spectra Libraries. **nd: não detectado. ***Mean values from two repetitions ± Standard deviation. Siglas: F (fruto), SP (Sem pasteurizar), P (pasteurizada), SPAE (sem pasteurizar congelada por ar estático), SPAF (sem pasteurizar congelada por ar forçado), PAE (pasteurizada congelada por ar estático) e PAF (pasteurizada congelada por ar Forçado).

A Tabela 3 apresenta os hidrocarbonetos alifáticos (alcanos C11-C18) tentativamente identificados nas amostras da mangaba e polpas submetidas aos tratamentos. O hexadecano (4,98%) e o dodecano (4,90%) foram predominantes no fruto. Dentre os n-alcanos mostrados na tabela 3, o pentadecano, hexadecano, heptadecano e octadecano foram registrados em mangabas, anteriormente (SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; LIMA et al, 2015).

Todos os hidrocarbonetos foram identificados apenas no tempo zero, no fruto e nas polpas SP e P. O dodecano foi identificado apenas no fruto e os demais diminuíram com o processamento. Acredita-se que os n-alcanos sejam endógenos e formados da descarboxilação de ácidos graxos de cadeia longa presentes em vegetais (KUNST; SAMUELS, 2003). Hidrocarbonetos, normalmente, têm limiares relativamente altos de detecção de odor e provavelmente têm pouca contribuição para o aroma (LI et al., 2017), precisando então estar presentes em grandes concentrações para serem percebidos. Como apresentaram baixas porcentagens de área, mesmo no tempo zero, sobretudo após processamento e pasteurização, pode-se sugerir que sua ausência a partir dos três meses de estocagem não comprometeria o aroma das polpas de mangaba estocadas por longos períodos.

Tabela 3 Porcentagem de área de hidrocarbonetos tentativamente identificados em frutos e polpas de mangaba.

		Hidrocarbonetos						
Tempo (meses)	Amostras	Undecane	Dodecane	Pentadecane	Hexadecane	Heptadecane	Octadecane	
		LRI* 1100	1200	1500	1628	1678	1724	
% Área***	0	F	0,51 ± 0,35	4,90 ± 6,63	1,33 ± 0,50	4,98 ± 3,43	1,50 ± 0,29	0,40 ± 0,42
		SP	0,45 ± 0,13	nd**	0,93 ± 0,71	0,32 ± 0,12	0,64 ± 0,33	1,25 ± 0,45
		P	0,43 ± 0,12	nd	0,81 ± 0,43	1,38 ± 0,05	0,76 ± 0,37	1,15 ± 0,38
	3, 6, 9 e 12	SPAE	nd	nd	nd	nd	nd	nd
SPAF		nd	nd	nd	nd	nd	nd	
PAE		nd	nd	nd	nd	nd	nd	
PAF		nd	nd	nd	nd	nd	nd	

*LRI (Wiley-NIST): Linear retention indices matching with the Wiley 7th Edition and NIST 05 Mass Spectra Libraries. **nd: não detectado. ***Mean values from two repetitions ± Standard deviation. Siglas: F (fruto), SP (Sem pasteurizar), P (pasteurizada), SPAE (sem pasteurizar congelada por ar estático), SPAF (sem pasteurizar congelada por ar forçado), PAE (pasteurizada congelada por ar estático) e PAF (pasteurizada congelada por ar Forçado).

Os compostos das classes dos aldeídos, terpenos, cetona e ácido são mostrados na Tabela 4. Foram tentativamente identificados os aldeídos pentanal e nonanal, os terpenos linalool e ocimene, a cetona butan-2-one-hidroxi e o ácido acético. Todos esses compostos foram identificados a partir do sexto mês (linalool) e nove meses de armazenamento congelado, apresentando comportamento semelhante tanto nas polpas P quanto SP, independente do método de congelamento. O nonanal e o linalool foram identificados em mangaba armazenadas em diferentes temperaturas (0 – 24°C) e tempos (0 – 20 dias) de armazenamento (LIMA et al, 2015) e ainda em diferentes estádios de maturação (SAMPAIO; NOGUEIRA, 2006; NARAIN et al., 2007). Lima et al (2015) já identificaram Butan-2-ona <3-hidroxi-> em mangabas após 5 dias de armazenamento (24°C).

Outros estudos já identificaram o aumento de linalool em morangos e derivados submetidos ao congelamento/descongelamento (MODISE, 2008; LARSEN; WATKINS, 1995).

Embora muitos dos sabores de alimentos cozidos e processados decorram de concentrações modestas de aldeídos e cetonas (DAMODARAN et al., 2008), eles são os principais compostos voláteis da autooxidação, podendo causar odor de pintura, gordura, metal e vela nos alimentos, quando suas concentrações são elevadas, sendo o pentanal usado para avaliar a estabilidade de alimentos, pois favorece aromas indesejáveis (SCHWIETERMAN et al., 2014; ESTERBAUER, 1993; STAPELFELDT et al., 1997) e sua quantificação é um método útil de medir a oxidação lipídica. O pentanal é descrito como aroma verde (SILVA; NEVES, 1999) e pungente (KIRITSAKIS, 1998) enquanto o nonanal tem aroma floral gorduroso (PINO et al., 2001). Assim, a presença desses aldeídos a partir do nono mês nas polpas de mangaba pode indicar degradação do aroma independente da pasteurização (SP ou P) e do método de congelamento (AE ou AF) com o aumento do tempo de estocagem. Mesmo tendo apresentado baixas porcentagens de área em todos os tratamentos.

Tabela 4 Porcentagem de área de aldeídos, terpenos, cetona e ácido tentativamente identificado em frutos e polpas de mangaba.

Tempo (meses)	Amostras	Aldeídos		Terpenos		Cetona	Ácido	
		Pentanal	Nonanal	Linalool	Ocimene	Butan-2-one <3- hydroxy->	Ácido acético	
		LRI* 1007	1163	1157	1041	779	968	
% Área***	0	F	nd**	nd	nd	nd	nd	nd
		SP	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		P	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	3	SPAE	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		SPAF	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		PAE	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		PAF	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	6	SPAE	nd	nd	0,37 ± 0,42	nd	nd	nd
		SPAF	nd	nd	0,31 ± 0,35	nd	nd	nd
		PAE	nd	nd	0,61 ± 0,86	nd	nd	nd
		PAF	nd	nd	0,56 ± 0,57	nd	nd	nd
	9	SPAE	0,50 ± 0,45	0,08 ± 0,11	0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,02	8,42 ± 5,69	1,13 ± 1,26
SPAF		0,57 ± 0,66	0,08 ± 0,1	0,10 ± 0,05	0,09 ± 0,05	11,43 ± 0,70	4,84 ± 3,97	
PAE		1,43 ± 1,24	0,07 ± 0,03	0,24 ± 0,11	0,07 ± 0,03	2,52 ± 1,44	0,50 ± 0,03	
PAF		2,02 ± 0,22	0,12 ± 0,04	0,19 ± 0,08	0,12 ± 0,06	4,72 ± 6,68	1,28 ± 1,20	
12	SPAE	0,76 ± 0,04	0,11 ± 0,00	0,17 ± 0,08	0,07 ± 0,01	8,07 ± 9,96	3,37 ± 4,64	
	SPAF	0,89 ± 0,04	0,10 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,03	4,97 ± 1,43	0,12 ± 0,16	
	PAE	0,14 ± 0,18	0,15 ± 0,00	0,33 ± 0,08	0,11 ± 0,04	7,85 ± 9,84	1,02 ± 1,44	
	PAF	1,42 ± 1,56	0,21 ± 0,08	0,22 ± 0,11	0,11 ± 0,02	11,34 ± 7,21	1,95 ± 0,18	

*LRI (Wiley-NIST): Linear retention indices matching with the Wiley 7th Edition and NIST 05 Mass Spectra Libraries. **nd: não detectado. ***Mean values from two repetitions ± Standard deviation. Siglas: F (fruto), SP (Sem pasteurizar), P (pasteurizada), SPAE (sem pasteurizar congelada por ar estático), SPAF (sem pasteurizar congelada por ar forçado), PAE (pasteurizada congelada por ar estático) e PAF (pasteurizada congelada por ar Forçado).

Os terpenos linalool e ocimene proporcionam aroma floral (PRAT et al., 2014), herbáceo e cogumelo (CHENG et al., 2016) respectivamente. O aumento expressivo no teor de monoterpênicos com tratamento térmico de especiarias foi atribuído ao aumento da isomerização térmica de alguns terpenos (SÁDECKÁ, 2010; FARAG ZAIED et al., 1996). No caso desse estudo, a detecção do linalool (terceito mês) e ocimene (nono mês) foi independente da pasteurização ou método de congelamento, sugerindo que o fator tempo possa ser mais importante, já que no congelamento, enzimas podem ter sua atividade paralisada, mas não inativadas (FELLOWS, 2006).

A Butan-2-ona <3-hidroxi->, previamente identificada em mangabas armazenadas (Lima et al., 2015) se relaciona a odores de creme, amanteigado e láctico (MENG et al., 2011; PRAT et al., 2014; PINO et al., 2001). Sua presença com porcentagens de área variando de 2,52% a 11,42% a partir do nono mês de estocagem, em todos os tratamentos, pode estar associada à degradação do aroma com o aumento da estocagem.

O ácido acético, também identificado a partir do nono mês, possui cheiro forte (MENG et al., 2011) e de vinagre (PRAT et al., 2014; NIU et al., 2011) sendo, portanto, desagradável e podendo comprometer o aroma das polpas armazenadas por longos períodos, independente da Pasteurização e método de congelamento.

A PCA (FIGURA 1) mostra o agrupamento das amostras tendo os dois componentes principais juntos, explicado 80,1% da variabilidade entre as amostras. Na PCA, as amostras TOUP e TOP se diferenciaram das demais e são caracterizadas, principalmente, pela alta porcentagem de área de 4-Pentenil acetato (N), éster identificado com maior porcentagem de área no fruto (Tabela 1) que possui aroma frutado. O agrupamento dessas amostras no tempo zero indica que mesmo após o processamento e a pasteurização, as polpas permaneceram com aroma semelhante ao do fruto fresco, já que como discutido

anteriormente, o aroma do purê de mangaba deve-se à quantidade relativamente grande de 4-pentenil acetato e isopentil acetato, além de outros ésteres adicionais (OLIVEIRA et al., 2008).

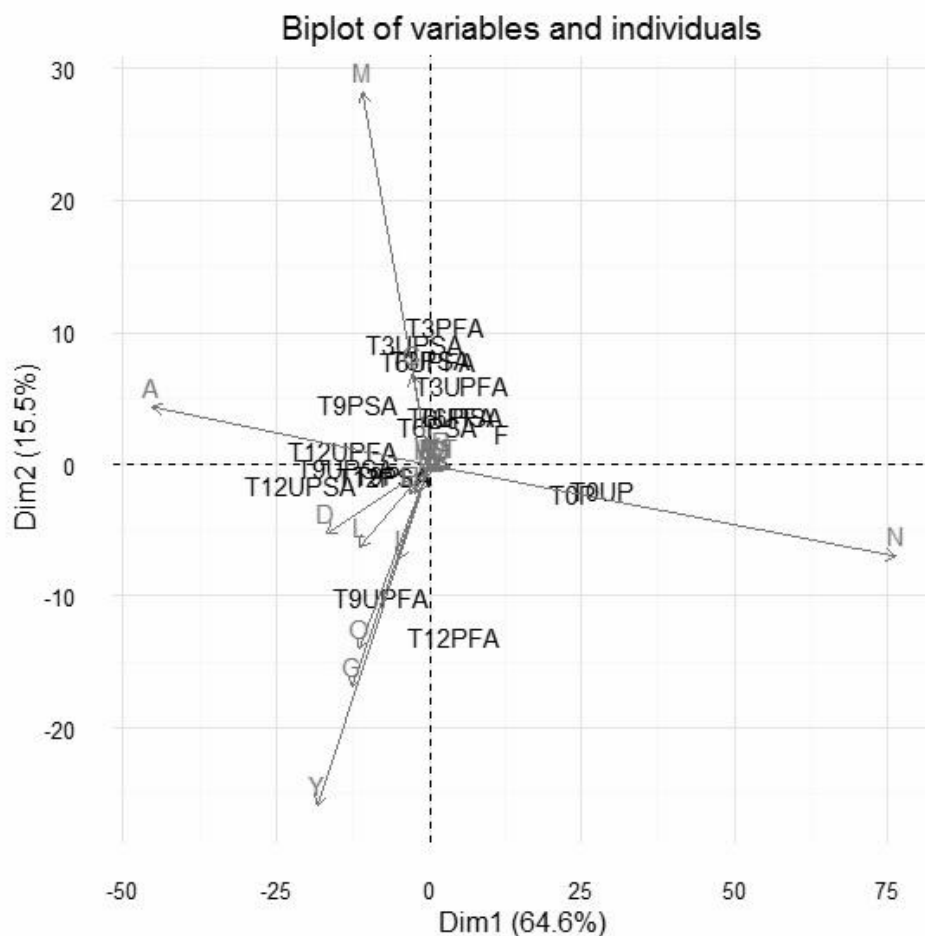
As amostras T12UPSA, T12UPFA, T12PSA, T9UPSA, T9UPFA e T9PSA se agruparam pelos compostos etanol (A), 3-Metil-3-Buten-1-ol (D), 2-Buten-1-ol, 3-metil- (E), 2,3-Butanediol (G), ácido acético (I), Etil acetato (L), Prenil acetato (O) e Butan-2-ona <3-hidroxi-> (Y). Esse grupo é representado em sua maioria, por amostras sem pasteurização e na totalidade por amostras armazenadas por maior período. Embora esse grupo seja caracterizado por ésteres, álcoois e cetona, de aromas agradáveis, a alta porcentagem de área de etanol e etil acetato pode indicar degradação do aroma já que o acúmulo desses compostos está relacionado com o desenvolvimento de *off-flavors* (LARSEN; WATKINS, 1995), o que é reforçado pela presença do 2,3-Butanediol e ácido acético nesse grupo. Assim a ausência de pasteurização e o aumento do tempo de estocagem, mesmo de polpas pasteurizadas, podem comprometer a qualidade do aroma da polpa de mangaba.

As amostras T3 PSA, T3PFA, T6PSA, T6PFA e fruto foram caracterizados pelos ésteres Prenil acetato (O) e Hexil acetato (P). Esse grupo é composto pelo fruto e por amostras pasteurizadas e armazenadas por até seis meses de estocagem, sugerindo que a pasteurização, independente do método de congelamento (AE ou AF) e um menor tempo de estocagem favorecem a manutenção do aroma semelhante ao do fruto fresco, pois os ésteres que identificam esse grupo atribuem aroma frutado agradável, doce, de pera, banana, abacaxi e frutas tropicais (MENG et al., 2011; SILVA; HIGUINALDO, 1999; PINO; RONCAL, 2015; PLOTTO et al., 2000).

As amostras T3UPSA, T3UPFA, T6UPSA, T6UPFA, T9PFA e T12PSA foram agrupadas por grande porcentagem de área do álcool 1- Butanol <3-metil-> (C) e do éster Isopentil acetato (M). São amostras sem pasteurização ou

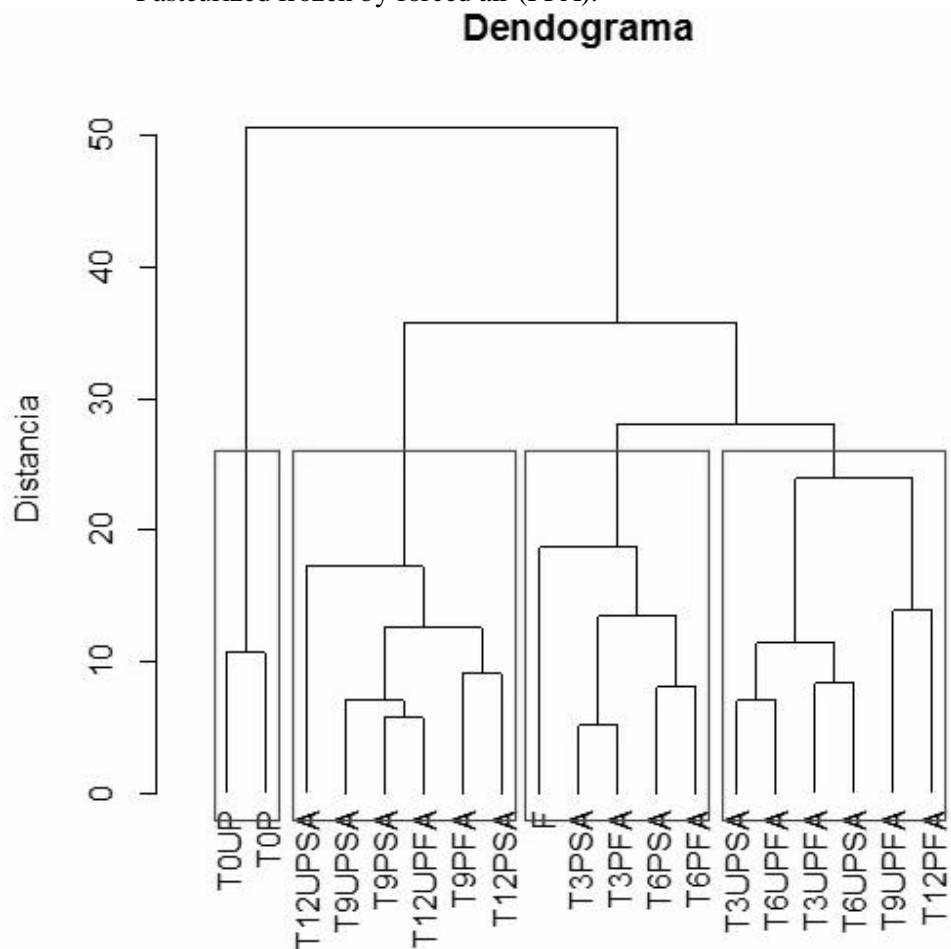
pasteurizadas e armazenadas por tempo de nove e doze meses. Embora esses compostos sejam associados a aromas agradáveis, as altas porcentagens de área podem indicar alguma degradação do aroma, por proporcionar aroma muito intenso do composto em detrimento da percepção de outras substâncias importantes para a harmonia do aroma. Ainda que, como discutido anteriormente o acúmulo de álcoois é relacionado a mudanças indesejáveis no perfil do aroma (PELAYO et al., 2003; PELAYO-ZALDIVAR et al., 2007).

Figura 1 PCA dos compostos voláteis das polpas de mangaba. Códigos usados: Códigos usados: T0= tempo zero, T3= 3 meses, T6= 6 meses, T9= 9 meses e T12= 12 meses de armazenamento. Sem pasteurização congelada por ar estático (UPSA), Sem pasteurização congelada por ar forçado (UPFA), Pasteurizada congelada por ar estático (PSA) e Pasteurizada congelada por ar forçado (PFA). Os compostos: Etanol (A), Butanol (B), 1-Butanol <3-metil-> (C), 3-metyl-3-buten-1-ol (D), 2-Buten-1-ol, 3-metil- (E), 2,3-Hexanediol (F), 2,3-Butanediol (G), Hexanol (H), Acetic acid (I), Pentanal (J), Nonanal (K), Ethyl acetate (L), Isopentyl acetate (M), 4-Pentenyl acetate (N), Prenyl acetate (O), Hexyl acetato (P), Undecane (Q), Dodecane (R), Pentadecane (S), Hexadecane (T), Heptadecane (U), Octadecane (V), Linalool (W), Ocimene (X), Butan-2-one <3-hydroxy-> (Y).



A similaridade das amostras foi avaliada utilizando análise hierárquica de cluster (HCA), que busca agrupar as amostras em classes, baseada no princípio de que amostras espacialmente mais próximas são similares e, portanto, podem ser consideradas pertencentes à mesma classe ou grupo (MELQUIADES et al., 2014). A análise HCA, representada pelo dendograma (Figura 2) para compostos voláteis das polpas de mangaba das 19 amostras mostrou a formação de quatro clusters com agrupamentos definidos segundo método de Ward, método de ligação que sugere e forma grupos, confirmando os resultados mostrados na PCA.

Figura 2 HCA dos compostos voláteis das polpas de mangaba. Códigos usados: Códigos usados: T0= tempo zero, T3= 3 meses, T6= 6 meses, T9= 9 meses e T12= 12 meses de armazenamento. Unpasteurized frozen by static air (UPSA), Unpasteurized frozen by forced air (UPFA), Pasteurized frozen by static air (PSA) e Pasteurized frozen by forced air (PFA).



O cluster um é composto pelas amostras UP e P do tempo zero, indicando que sem estocagem amostras P e SP são semelhantes. O cluster dois agrupou as amostras T12UPSA, T12UPFA, T12PSA, T9UPSA, T9PSA e T9UPFA, majoritariamente amostras armazenadas por maior período de tempo e

não submetidas à pasteurização. O cluster três pelas amostras T3PSA, T3PFA, T6PSA, T6PFA e o fruto, amostras armazenadas por menor período, incluindo o fruto e submetidas à pasteurização. O último e quarto cluster, constituído pelas amostras T3UPSA, T3UPFA, T6UPSA, T6UPFA, T9PFA e T12PSA, tem a maioria das amostras sem pasteurização armazenadas por menor período, ou pasteurizadas com maior tempo de estocagem.

Os resultados mostraram diferenças significativas nos compostos voláteis com os tratamentos aplicados, sobretudo com a pasteurização e o tempo de armazenamento. Estudos com morango e polpa armazenados congelados identificaram aumento significativo de compostos voláteis após descongelamento (MODISE, 2008; LARSE; WATKINS, 1995) e submetidos à alta pressão (BERMEJO-PRADA et al., 2015). Os últimos autores atribuíram esse aumento a atividade da β -glicosidase durante armazenamento, pois essa enzima atua na liberação de voláteis em frutos. Por outro lado, De Ancos et al. (2000) não identificaram diferenças significativas no perfil de aroma de diferentes cultivares de framboesa congeladas e armazenadas por 12 meses.

Visando a preservação de compostos voláteis responsáveis pelo aroma, a pasteurização da polpa de mangaba, antes do congelamento é recomendada. Esse efeito, contudo é observado apenas por seis meses de estocagem, já que as polpas mesmo pasteurizadas, armazenadas por períodos igual ou superior a seis meses, independente do método de congelamento, tenderam a ser agrupadas e caracterizadas por compostos normalmente associados à degradação do aroma, reforçando que o armazenamento, pode provocar perda dos compostos responsáveis pelo aroma e também o acúmulo de produtos indesejáveis e indicadores do desenvolvimento de *off-flavors* (odor e gosto indesejável) (PÉREZ; SANZ, 2001).

4 CONCLUSÃO

Foram tentativamente identificados 25 compostos voláteis no fruto e polpas de mangaba. Os ésteres predominaram tanto no fruto quanto nas polpas, sendo predominantes 4-Pentenil acetato e isopentil acetato e observou-se, ainda, predomínio de etanol a partir de três meses de estocagem.

A pasteurização favorece a preservação de compostos de aroma da polpa de mangaba, independente do método de congelamento. O armazenamento congelado, a partir de nove meses favorece o desenvolvimento ou acúmulo de compostos responsáveis pela degradação do aroma como etanol, etil acetato e ácido acético.

AGRADECIMENTOS

Às agências brasileiras de fomento à pesquisa, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (4th ed.)**. Carol Stream: Allured Pub Corp. 2007.
- ASSUMPÇÃO, C. F.; BACHIEGA, P.; MORZELLE, M. C.; NELSON, D. L.; NDIAYE, E. A.; RIOS, A. O.; SOUZA, E. C. de. Characterization antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. **Cienc Rural**, 44 (2014), pp. 1297–1303
- AYSELI MEHMET TURAN AND AYSELI, YASEMIN IPEK. Flavors of the future: Health benefits of flavor precursors and volatile compounds in plant foods. **Trends in Food Science & Technology** 48, 69 e 77, 2016.
- BERMEJO-PRADA, A.; VEGA, E.; PEREZ-MATEOS, M.; OTERO, L. Effect of hyperbaric storage at room temperature on the volatile profile of strawberry juice. **LWT - Food Science and Technology**. 62, 906-914, 2015.
- BOUSETA, A.; SCHEIRMAN, V.; COLLIN, S. Flavor and free amino acid composition of Lavender and Eucalyptus Honeys. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 61, n. 4, p. 683–687, 1996,
- CHENG, H.; CHEN, J.; CHEN, S.; XIA, Q.; LIU, D.; YE, X. Sensory evaluation, physicochemical properties and aroma-active profiles in a diverse collection of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) cultivars. **Food Chemistry**. 212, 374–385, 2016.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p.
- De ANCOS, B.; IBAÑEZ, E.; REGLERO, G.; CANO, M. P. Frozen Storage Effects on Anthocyanins and Volatile Compounds of Raspberry Fruit J. **Agric. Food Chem.**, 48, 873-879, 2000.
- De ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PASCUAL-TERESA, S.; CANO, M.P. **Freezing preservation of fruits**. In Handbook of Fruits and Fruit Processing, 2nd ed.; Sinha, N., Sidhu, J.S., Barta, J., Wu, J.S.B., Cano, M.P., Eds.; John Wiley & Sons: Oxford, UK, pp 103–119, 2012.

ESTERBAUER, H. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. **American Journal of Clinical Nutrition**, 57, pp. 779S–785S, 1993.

FARAG-ZAIED, S. E. A.; AZIZ, N. H.; ALI, A. M. Comparing effects of washing, thermal treatments and gamma irradiation on quality of spices. **Nahrung**, 40, pp. 32–36, 1996,

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

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

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 395-404, Dec. 2009.

KIRITSAKIS, A. K. **Flavor Components of Olive Oil—A Review**. **JAOCS**, Vol. 75, no. 6 1998.

KUNST., L.; SAMUELS, A. L. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax. **Progress in Lipid Research**, 42, pp. 51–80, 2003.

LARSEN, M.; WATKINS, C. B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biol. Technol.** 5, 39–50, 1995.

LIMA, J. P., FANTE, C. A., PIRES, C. R. F., NUNES, E. E., ALVES, R. R., ELIAS, H. H. S., NUNES, C. A., VILAS BOAS, E. V. de B., The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Sci. Hortic.**, 194, 1–6, 2015.

LINNEWIEL-HERMONI, K.; KHANIN, M.; DANILENKO, M.; ZANGO, G.; AMOSI, Y.; LEVY, J. et al. The anti-cancer effects of carotenoids and other phytonutrients resides in their combined activity. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 572, pp. 28–35, 2015.

LI, Y.; LV, O.; ZHOU, F.; LI, Q.; WU, Z.; ZHENG, Y. Linalool inhibits LPS-induced inflammation in BV2 microglia cells by activating Nrf2.

Neurochemical Research, 40 (7), pp. 1520–1525, 2015.

LI, S.; LI, X.; LAMIKANRA, O.; LUO, Q.; LIU, Z.; YANG, J. Effect of cooking on physicochemical properties and volatile compounds in lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn). **Food Chemistry**. v. 216, 1 February, Pages 316–323, 2017.

MAYUONI-KIRSHINBAUM, L.; DAUS, A.; PORAT, R. Changes in sensory quality and aroma volatile composition during prolonged storage of ‘Wonderful’ pomegranate fruit. **International Journal of Food Science & Technology**, Bangkok, v. 48, n. 8, p. 1569–1578, 2013.

MENG, D., HJELM, R. P., HU, J., & WU, J. A theoretical model for the dynamic structure of hepatitis B nucleocapsid. *Biophysical Journal*, 101, 2476–2484, 2011.

MELQUIADES, F. L.; GONZÁLEZ-BORRERO, P. P.; DOS SANTOS, F. R.; DE DEUS, W. E. D.; KALWA, M.; QUINÁIA, S. P. Method for Sediment Texture Characterization Using Spectroscopy Techniques and Multivariate Analysis. *Rev. Virtual Quim.*, 2014, 6 (6), 1687-1701.

MODISE, D. M. Does freezing and thawing affect the volatile profile of strawberry fruit (*Fragaria×ananassa* Duch.)? **Postharvest Biology and Technology**, 50 25–30, 2008.

MOLIMARD, P.; SPINNLER, A. E. Review: compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: origins and properties. **Journal of Dairy Science**, 79 (1996), pp. 169–184

NARAIN, N.; GALVÃO, M. S.; FERREIRA, D. S.; NAVARRO, D. M. A. F. Flavor biogenesis in mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) fruit. **BioEng.**, Campinas, 1 (1) 25-31, 2007.

NIU, Y.; ZHANG, X.; XIAO, Z.; SONG, S.; ERIC, K.; JIA, C.; YU, H.; ZHU, J. Characterization of odor-active compounds of various cherry wines by gas chromatography–mass spectrometry, gas chromatography–olfactometry and their correlation with sensory attributes *J. Chromatogr. B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.*, 879, 2287– 2293, 2011.

OLIVEIRA, L. C.; VALIM, F.; NARAIN, N.; R. ROUSEFF. AROMA VOLATILES OF MANGABA (*HANCORNIA SPECIOSA* GOMES. Expression of Multidisciplinary Flavour Science. **12th Weurman Symposium. Interlaken**, Switzerland, Biological, 2008.

PARK, S. N.; LIM, Y. K.; FREIRE, M. O.; CHO, E.; JIN, D.; KOOK, J. K. Antimicrobial effect of linalool and α -terpineol against periodontopathic and cariogenic bacteria. **Anaerobe**, 18 (3), pp. 369–372, 2012.

PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air + 20 kPa CO₂. **Posthar Vest Biol. Technol.**, 27, 171–183, 2003.

PELAYO-ZALDIVAR, C.; BEN ABDA, J.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Quality and chemical changes associated with flavor of 'Camarosa' strawberries in response to a CO₂-enriched atmosphere. **HortScience**, 42, 299–303, 2007.

PINO, J. A.; MARBOT, R.; VÁZQUEZ, C. Characterization of Volatiles in Strawberry Guava (*Psidium cattleianum* Sabine) **Fruit J. Agric. Food Chem.**, 49, 5883-5887 5883, 2001.

PINO, J. A., AND RONCAL, E. Characterisation of odour-active compounds in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. **Flavour Fragr. J.**, 31: 143–148, 2016.

PLOTTO, A; MARGARIA, C. A.; GOODNER, K. L.; GOODRICH, R; BALDWIN, E. A. **Flavour Fragrance J** 19:491, 2004.

PRAT, L.; ESPINOZA, M. I.; AGOSINB, E.; SILVA, H. Identification of volatile compounds associated with the aroma of white strawberries (*Fragaria chiloensis*). **J Sci Food Agric** 2014; 94: 752–759

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SÁDECKÁ, J.; POLOVKA, M.; KOLEK, E.; BELAJOVÁ, E.; TOBOLKOVÁ, B.; DAŠKO, L.; DUREC, J. Orange juice with pulp: impact of pasteurization and storage on flavour, polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity. **J. Food Nutr. Res.**, 53, pp. 371–388, 2014.

SÁDECKÁ, J.: Influence of two sterilisation ways, gamma-irradiation and heat treatment, on the volatiles of black pepper (*Piper nigrum* L.). **Czech Journal of Food Sciences**, 28, pp. 44–52, 2010.

SAMPAIO, T.S., NOGUEIRA, P.C. Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. **Food Chem.** 95,606–610, 2006.

SCHWIETERMAN, M. L.; COLQUHOUN, T. A.; JAWORSKI, E. A.; BARTOSHUK, L. M.; GILBERT, J. L.; TIEMAN, D. M.; ODABASI, A. Z.; MOSKOWITZ, H. R.; FOLTA, K. M.; KLEE, H. J. Strawberry flavor: diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. **PLoS One**, 9, No. e 88446, 2014.

SILVA, C. F.; REIS, K. C. dos; LOPES, N. A.; DIAS, M.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Enzymatic and antagonistic potential of bacteria isolated from typical fruit of Cerrado in Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 37(3), 367-374, 2015.

SILVA, M. D. R. G. da; HIGUINALDO, J. C. das N. Complementary Use of Hyphenated Purge-and-Trap Gas Chromatography Techniques and Sensory Analysis in the Aroma Profiling of Strawberries (*Fragaria ananassa*). **J. Agric. Food Chem.**, 47, 4568-4573, 1999.

SOUSA, M. B., CANET, W., ALVAREZ, M. D., FERNÁNDEZ, C. Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv Heritage) and blackberry (cvThornfree). **Journal of Food Engineering**. Vol. 78. pp. 9-21, 2007.

STAPELFELDT, H., MORTENSEN, G., SKIBSTED, L.H. Early events in oxidation of whole milk powder detected by electron spin resonance spectrometry. Carry-over effects from butter used for instantization. **Milchwissenschaft**, 52, pp. 266–269, 1997.

TALENS, P.; ESCRICHE, I.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit. **Food Research International**. Volume 36, Issue 6, Pages 635–642, 2003.

ARTIGO 3

Versão preliminar para submissão e envio à revista científica.
O conselho editorial do periódico poderá sugerir alterações para adequá-lo ao seu próprio estilo.

SENSORY AND PHYSICO-CHEMICAL PROFILE OF PASTEURIZED AND UNPASTEURIZED MANGABA PULP, FROZEN BY DIFFERENT METHODS, DURING PROLONGED STORAGE

Gilma A S Gonçalves^{1*}; Nathane S Resende²; Carla S Gonçalves²; Emanuelle M de Alcântara²; Elisângela E N Carvalho²; Jaime V de Resende²; Eduardo V de B Vilas Boas².

¹Federal Institute of Education, Science and Technology Southeast - MG, Barbacena campus. Rua Monsenhor José Augusto, 204, CEP 36205-018, Barbacena-Minas Gerais, Brazil. Phone: (55) 32-3331 3351, e-mail: gilma.goncalves@ifsudestemg.edu.br

²Food Science Department, Federal University of Lavras. Postal code 3037, CEP37200-000, Lavras- Minas Gerais, Brazil. e-mail: nathane.resende@hotmail.com; carla_ufla@yahoo.com.br; Emanuelle_alcantara@hotmail.com; elisangelacarvalho@dca.ufla.br, (55) 35-3829-1655; jvresende@ufla.br; (55) 35-3829-1659.

ABSTRACT

This study evaluated, in a pioneering way, the sensory and physicochemical profile of mangaba pulp, through pasteurization (unpasteurized and pasteurized) and freezing (static air and air forced) factors, over twelve months of storage. The following sensory tests were applied: temporal dominance of sensations (TDS) (identify and check the intensity of the flavor sensation along consumption time), ideal scale (identify optimal concentration of sucrose to be added on nectar) and acceptance test (To evaluate the effect of treatments on consumer acceptance). It was concluded that the soluble solids tend to decrease, whereas pH, titratable acidity, and pulp color are changed little by pasteurization, freezing method and storage time. According to the TDS analysis results, the sour taste was dominant in most treatments, combined with the identification of the bad flavor in the unpasteurized pulps from four months. Pasteurization favors high mangaba pulp acceptance for up to eight months, however, even at twelve months of storage, all treatments presented good sensory acceptance.

Keywords: *Hancornia speciosa* Gomes. Temporal Dominance of Sensations. Just-About-Right-Scale. Acceptance Test. Sensory Quality. MANOVA.

1 INTRODUCTION

Among the fruits with high nutritional and bioactive value, mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), an exotic fruit of the Brazilian Cerrado of the Apocynaceae family, presents high levels of vitamin C, vitamin E, folic acid, carotenoids and phenolic compounds, in addition to high antioxidant capacity, has aroused great interest for its beneficial health effects, demonstrated in recent research (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al, 2015a; PEREIRA et al, 2015).

Mangaba is also very appreciated because of its flavor characteristics and peculiar aroma, having yellow fleshy viscous pulp with a quite soft, sweet, flavor and a sour taste (GANGA et al, 2009; VENTURINI Son, 2010). It is eaten fresh or processed as juice, ice cream, jellies, jams and others (MOURA et al., 2011), with great potential for exploration in the tropical fruit segment (FIGUEIRÊDO et al., 2013).

Highly perishable, mangaba is usually marketed as processed, to favor its long-term conservation. While pasteurization increases the storage time, it can cause changes to unique attributes, such as degradation of color, aroma and flavor compounds (GARCIA-REYES; NARVAEZ-CUENCA, 2010). Thermal processing typically has little effect on more stable compounds such as sugars and acids (ZHANG et al., 2010; ZHOU et al., 2009). Also in freezing, the occurrence rates of reactions, for example, coloration changes, are functions of intrinsic and extrinsic factors. Intrinsic factors refer to specific properties of the pulp, such as pH, titratable acidity and water activity. Extrinsic factors refer to processing-specific factors, such as freezing temperature and time (CONCEIÇÃO et al., 2012).

Different sensory tests should be applied to satisfactorily evaluate the possible changes caused. The Temporal Dominance of Sensations test (TDS), identifies, which sensation is dominant over time among a sequence of sensory

attributes (PINEAU et al 2009; LABBE et al, 2009), and can be related to acceptance (ALBERT et al., 2012). This test has successfully been applied to different beverages like strawberry pulp, white wine and beer (GONÇALVES et al., 2017; SOKOLOWSKY; FISCHER 2012; VAZQUEZ-ARAÚJO et al., 2013).

The ideal scale seeks to identify the optimal amount of a particular component to be added for improving the acceptance of a product (VICKERS, 1988). This test can be preliminary to the acceptance test, which evaluates consumer acceptance of the effects of the conservation techniques and food storage (STONE; SIDEL, 1993).

Few studies have been devoted to the sensory evaluation of mangaba derivatives (ASSUMPÇÃO et al, 2013; SILVA et al., 2015), they merely identify the acceptance of the product, not considering the storage period. After extensive literature review there are no articles on the effect of simultaneous application of conservation techniques to the pulp of this fruit during long-term storage were found. Thus this study aims to determine, in a pioneering way, the sensory and physicochemical profile of pasteurized, frozen mangaba pulp, stored for a long period.

2 MATERIALS AND METHODS

➤ Collection and preparation of samples

Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), from the municipality of Curvelo, Minas Gerais, Brazil (latitude 18° 45' 23''S, longitude 44° 25' 51'' W and altitude 632 m); in November 2013, was used as raw material. The fruits were pre-washed, sanitized in sodium hypochlorite solution (100 mg L⁻¹ for 15 minutes) and depulped in a pulper (Bonina, model 0.25 DF). Pulp was packed (Hubber, model DMM20 manual liquid filler-doser) in low density polyethylene bags (100g per pack), sealed in a Termosolder pedal sealer (R. Baião, model 3138).

Half of the package obtained was subjected to pasteurization (85°C for 5 min) and chilled immediately in an ice bath. Pulp unpasteurized followed directly to freezing. Both types of pulp, pasteurized (P) and unpasteurized (UP) were divided into two lots and frozen by forced air (FA) (freezing chamber with forced air - the air velocity was measured at different locations in the chamber using a hot wire anemometer TSI 9535-USA, the average air velocity was 1.78 ± 0.08 m / s and the air cooling temperature was $-25 \pm 3^\circ\text{C}$, for 10 hours) or static air (SA) (-18°C). Pulp was stored in a horizontal freezer (Cônsul, model CHA31C), at -18°C for 12 months.

The pulp was analyzed at time zero. Every 3 months physical and chemical analysis was carried out and every four months, sensory and microbiological analyses were carried out, for a year. The samples were thawed under running water.

➤ **Physicochemical analysis**

➤ **pH and titratable acidity**

pH was measured in a Schott Handylab pHmeter, according to AOAC (2012). Titratable acidity was determined using the titration technique with sodium hydroxide (NaOH) solution 0.1N and phenolphthalein as indicator, according to AOAC (2012).

➤ **Soluble Solids**

Soluble solids were measured in digital refractometer ATAGO PR-100 with automatic temperature compensation. Results were expressed as % soluble solids, according to IAL (2008).

➤ **Color**

Color measurements were carried out with a colorimeter Minolta CR-400. The CIELab color scale was employed to measure the degree of lightness (L^*), hue angle (h°) and chroma (C^*).

➤ **Experimental design and statistical analysis of physico-chemical analyses**

We used a completely randomized factorial $2 \times 2 \times 5$ design and two pre-treatments (pulp pasteurized and without pasteurization), two cooling methods: Static Air (SA) and Forced Air (FA) and 5 storage periods (zero, 3, 6, 9 and 12 months), with 3 replications. The results were submitted to variance analysis and when significant, polynomial regression and Tukey test at a 5% level of significance using the SISVAR program (FERREIRA, 2010).

➤ **Microbiological analysis**

Quantification of filamentous fungi and yeast were conducted. Quantification of coliforms at 35°C and 45°C, presence or absence of *Salmonella* sp. and aerobic psychrotrophic count were conducted according to methodologies described by the International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF (1983) and Silva et al. (2007). Analyses were performed immediately prior to application of sensory tests.

➤ **Sensory analysis**

This experiment was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Lavras, approval number 502.167, December 16, 2013.

Sensory analyzes were performed in the Sensory Analysis Laboratory of the Food Science Department at the Federal University of Lavras.

➤ **Temporal Dominance of Sensations (TDS)**

The TDS test aimed to describe the temporal evolution of the different sensations perceived during ingestion of mangaba pulp that had been subjected to different treatments and storage times. Treatments and times shown in Table 1 were applied, except for the following case: at time zero, the TDS test was only applied to the freshly prepared pasteurized (P) and unpasteurized (UP) samples, because the effects of differential freezing methods (SA vs. FA) on taste sensations at this point did not apply. In total, 40 panelists were recruited for this analysis. The panelists were trained on the temporality of sensations and introduced to the data acquisition program SensoMaker (PINHEIRO et al., 2013).

Table 1 Time and treatments submitted to acceptance test and TDS.

Time (months)	Sample/Treatment
Zero, 4, 8 and 12	Unpasteurized frozen by static air (UPSA)
	Unpasteurized frozen by forced air (UPFA)
	Pasteurized frozen by static air (PSA)
	Pasteurized frozen by forced air (PFA)

Samples were served pure (that is, not diluted or sweetened). After instructions, panelists were asked to click 'Start' and, in two seconds, place a mangaba pulp sample (approximately 10 g) in the mouth and start the evaluation. For 20 seconds, using a mouse, they selected the dominant flavor during the pre-set time. Attributes (sweet, sour, tasteless, bad taste, fermented, bitter, metallic and astringent) were selected in a pretest to better characterized the samples. Samples were presented monadically (MACFIE et al., 1989) at an average temperature of 5°C in disposable white cups coded with three digit numbers.

TDS curves were calculated according to the method proposed by Pineau et al. (2009), using SensoMaker. In short, two lines were drawn on the TDS graphic display, the "chance level" and the "significance level". The "chance level" is the dominance ratio an attribute can receive by chance and the "significance level" is the minimum value, the proportion must be equal to be considered significant. It is calculated using the confidence interval for a binomial proportion based on the normal approximation, according to Pineau et al. (2009):

$$P_s = P_o + 1.645 \sqrt{\frac{P_o(1 - P_o)}{n}} \quad (1)$$

Ps: lowest significant proportion value ($\alpha = 0.05$) at any point in time for a TDS curve; n: number of subjects * replication.

➤ **Ideal Scale (Just-about-right-scale)**

The just-about-right scale - a five-point structured scale - was performed to identify the optimal sucrose concentrations needed to sweeten mangaba nectar to the optimal flavor. Nectar is a type of non-carbonated soft drink made by crushing fruit pulp. This method has the panelists evaluate samples according to an ideal range, anchored at the extremes by “extremely less sweet than ideal (-4)” and “extremely sweeter than ideal (+4)”, with the ideal flavor being a sweet taste corresponding to 0 (zero).

Pulp was diluted to generate solutions of 34% pulp and 66% water, based on label information from commercially available fruit pulp (which indicates contents of approximately one part pulp to two parts water). Samples were homogenized using a blender, and were prepared immediately before testing, then kept refrigerated throughout the analysis.

Pre-tests were performed to determine the sucrose concentration used in the assay. The formulations were prepared using 50, 75, 100, 125 and 150g sucrose per liter of nectar.

Five formulations were served to 60 panelists in individual cabins, in a balanced complete block design (MACFIE et al., 1989). Samples of 30 mL of each formulation were served monadically, under the same conditions used for TDS test. The judges registered responses on a specific scale based on how ideal these samples were regarding sweet taste, according to the method reported by Vickers (1988).

Results were analyzed by regression analysis using SISVAR program version 5.3 (FERREIRA, 2010).

➤ **Acceptance Testing**

The acceptance test was applied to evaluate consumer acceptance of mangaba pulp subjected to the treatments described in Table 1. Samples were served as nectar and the sucrose content was the optimal ratio identified in the previous step. 100 consumers participated in the test. Each panelist received, monadically, 30 mL of mangaba nectar. Samples were evaluated regarding the attributes appearance, odor, flavor, viscosity and overall impression, with the verbal hedonic scale of 9 points, ranging from ‘dislike extremely’ (1) up to ‘like extremely’ (9) (STONE; SIDEL, 1993).

The data were analyzed by methods of exploratory analysis: principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA).

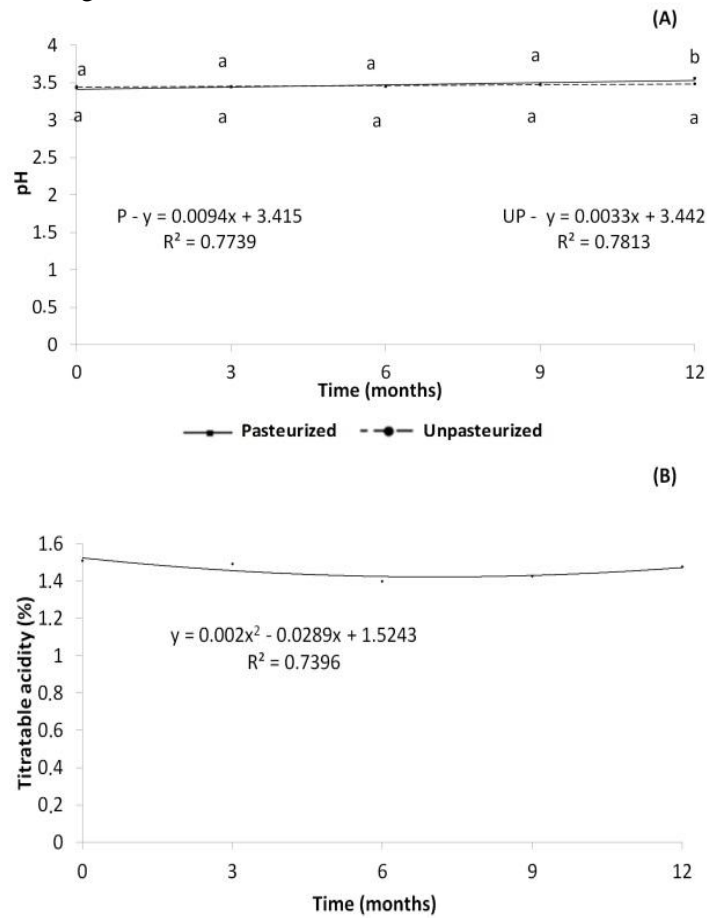
3 RESULTS AND DISCUSSION

➤ **Physicochemical analysis**

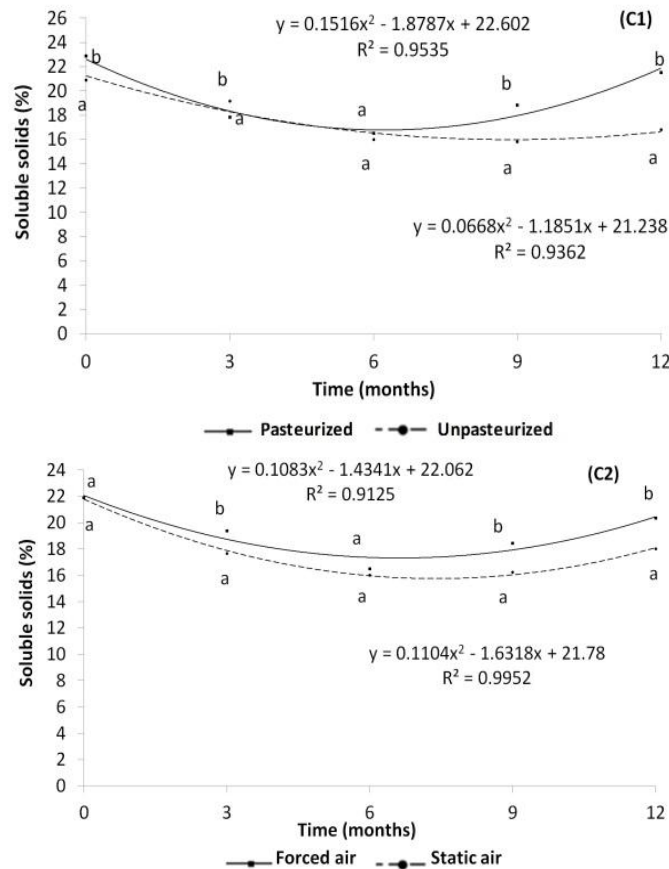
➤ **pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS)**

The pH of the pulps was influenced by the interaction of the factors time and pasteurization (FIGURE 1A). There was a slight linear increase over time in both types of pulp, being lower in UP pulp (1.15%) than in the P pulp (3.79%). TA was influenced by the time factor alone (FIGURE 1B), with quadratic behavior during storage and slightly below the zero time (2.12%) at 12 months of storage. This reduction is related to the pH elevation. Unlike this result, Martin et al. (2013) identified a slight reduction in pH, with no statistical difference in the TA of cupuaçu pulps, an Amazonian fruit, stored frozen for 12 months.

Figure 1 Mean values, regression equation and coefficients for determining the variable pH (A), TA (B) and Soluble Solids (C1-2) of mangaba pulp stored frozen (-18°C) over twelve months. Means followed by the same letter in each storage time do not differ by the Tukey test at 5% significance.



Continuação...



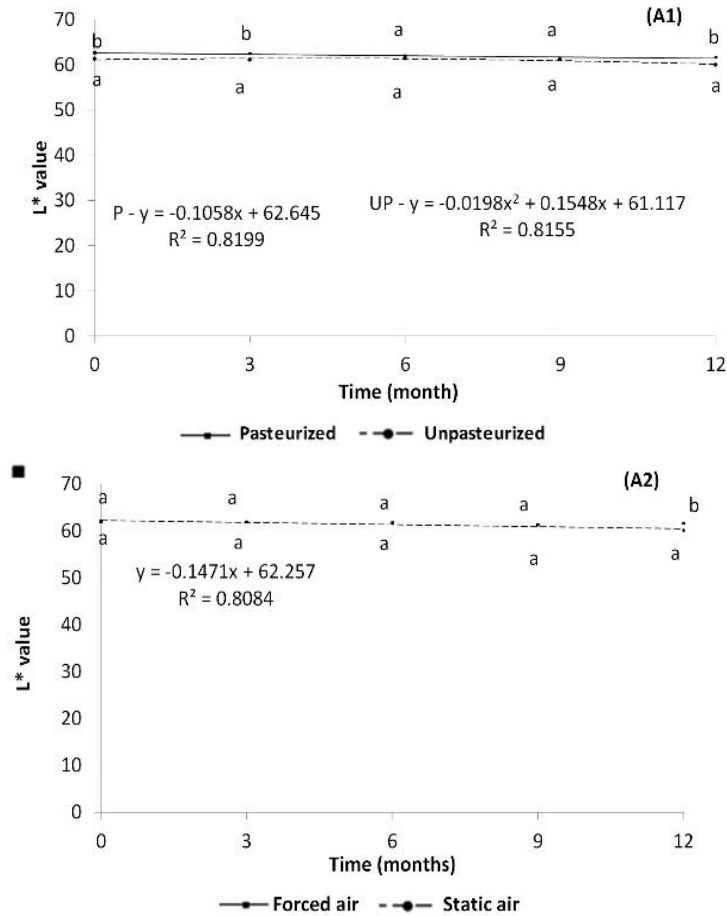
According to Sahari et al. (2004), changes in acidity and pH can be influenced, among other factors, by the storage time, enzymatic reactions and freezing method.

The SS were influenced by the interaction of the factors time and pasteurization (Figure 1 C1), reduced at the sixth month in both types of pulps, however presenting higher final P pulps retention (93.92%) than in UP (80.51 %). These results are in agreement with those observed by Lima et al. 2012, who also reported a slight decrease in SS content of pasteurized and unpasteurized acerola pulp, stored frozen for 12 months.

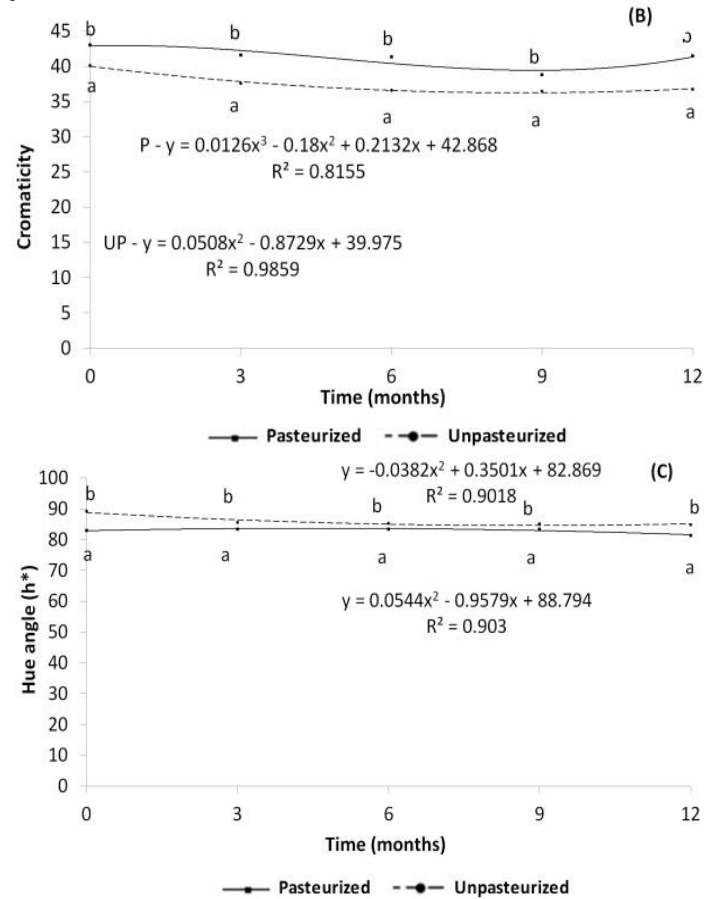
There was also interaction of the factors time and freezing method (FIGURE 1 C2) on the SS, the FA method resulting in higher SS content during the entire period and a higher final retention (92.89%) than SA (82.23%). According to the literature, faster freezing results in higher quality products, favoring greater preservation of cellular components (POIANA et al., 2010). The SS content is a parameter that directly influences the physico-chemical properties responsible for ice crystallization, such as early freezing temperature, degree of supercooling, nucleation and ice crystal growth. Preservation of the SS content is attributed to lower concentration, by polarization, of the water observed in the rapid freezing. In this freezing there is less water separation in the form of ice during cooling, resulting small ice crystals distributed more evenly within the frozen mangaba pulp. Another study found no difference between slow and fast freezing applied to green coconut meat after storage for 90 days, which allowed color, pH, titratable acidity, soluble solids stability (SOARES et al., 2015).

The L* value was influenced by the interaction of factors storage and pasteurization time (FIGURE 2 A1), with a slight reduction, approximately 0.11 and 0.02 units per month, in the pasteurized and unpasteurized pulps, indicating slight browning over the 12 months (mean 1.87%).

Figure 2 Mean values, regression equation and coefficients of determination for the variable L* (A 1-2), Chromaticity (B), and Hue Angle (C) in mangaba pulp stored frozen (-18°C) over twelve months. Means followed by the same letter in each storage time, do not differ by the Tukey test at 5% significance.



Continuação...



The L^* value was also influenced by the interaction of the factors time and freezing method (FIGURE 2 A2). Slight reduction was also observed during storage, although no significant adjustment was observed for the L^* value of pulp frozen by FA.

The stability of the L^* value, was observed in a study by Lima et al. (2012) in acerola pulp pasteurized and without pasteurization stored frozen for 120 days, other studies using different fruits identified an L^* increase in frozen pulp storage (AQUINO et al., 2009; DAMIANI et al., 2013) Such differences may be attributed to differences in the food matrix.

The chromaticity indicating saturation or intensity of color of mangaba pulps underwent interaction of factors time and pasteurization (FIGURE 2B). P pulp presented higher chromaticity throughout storage; with greater final reduction (8.46%) than in UP pulp (3.59%), the heat treatment increased the coloration intensity. Lima et al. (2012), evaluating chromaticity of pasteurized and non-pasteurized acerola pulp stored for 365 days, only observed the effect of time and a significant reduction (37.91%) at the end of the period.

There was interaction between factors time and pasteurization also for the hue angle (h^*), which defines the tone of the color. The results of h^* (Figure 2C) show little difference in yellowing of the mangaba pulps (P and UP) over the 12 months of storage. More significant color alterations were observed through the h^* increase in acerola pulps with or without pasteurization and frozen by various methods and stored for 12 months (LIMA et al., 2012; AQUINO et al., 2012).

➤ **Microbiological analysis**

The current Brazilian legislation, Normative Instruction No.1 from 7 January 2000 (BRASIL, 2000) sets maximum microbiological limits for fruit pulp: yeast and molds - maximum 5×10^3 CFU g^{-1} for *in natura* pulp, frozen or not, and 2×10^3 CFU g^{-1} for chemically conserved pulp and/or pulp submitted to heat treatment; thermotolerant coliforms - maximum 1 g^{-1} ; Salmonella spp - absent in 25 g. To determine additional microbiological characterization, quantification of aerobic psychrotrophics was also conducted. There was no contamination in the samples at any of the times evaluated showing that the pulps under study are in accordance with current legislation, presenting good microbiological stability during storage.

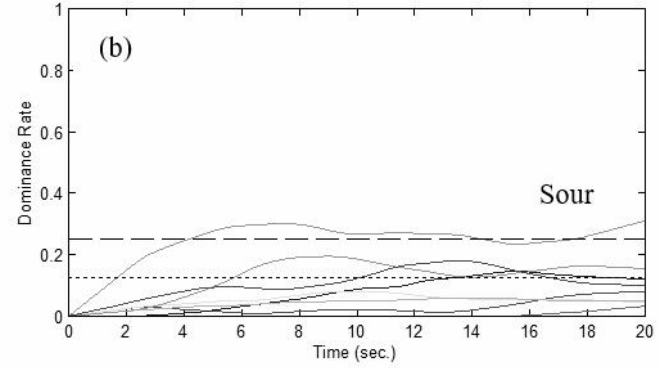
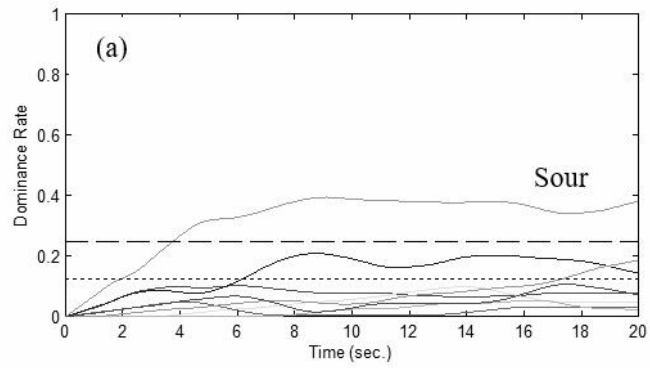
- **Sensory analysis**

- **Temporal Dominance of Sensations (TDS)**

In the TDS the panelists evaluate and indicate which sensation is dominant over time until the sensation ends or another appears as dominant (PINEAU et al 2009; LABBE et al., 2009). The chart presents two lines: "the chance level" (0.125) and "significance level" (0.25) here. It is noteworthy that the TDS dominance curves do not relate the intensity, but the number of times an attribute is said to be dominant at any given time. The higher the attribute dominance rate, the better the correlation among the tasters (ALBERT et al., 2012).

The pure mangaba pulps were served without water or sugar, allowing the attributes to be perceived without interferences. TDS profiles for the UP and P mangaba pulps at time zero are represented in Figure 3 (a - b).

Figure 3 Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for Unpasteurized (UP) (a) and Pasteurized (P) (b) freshly prepared mangaba pulp.



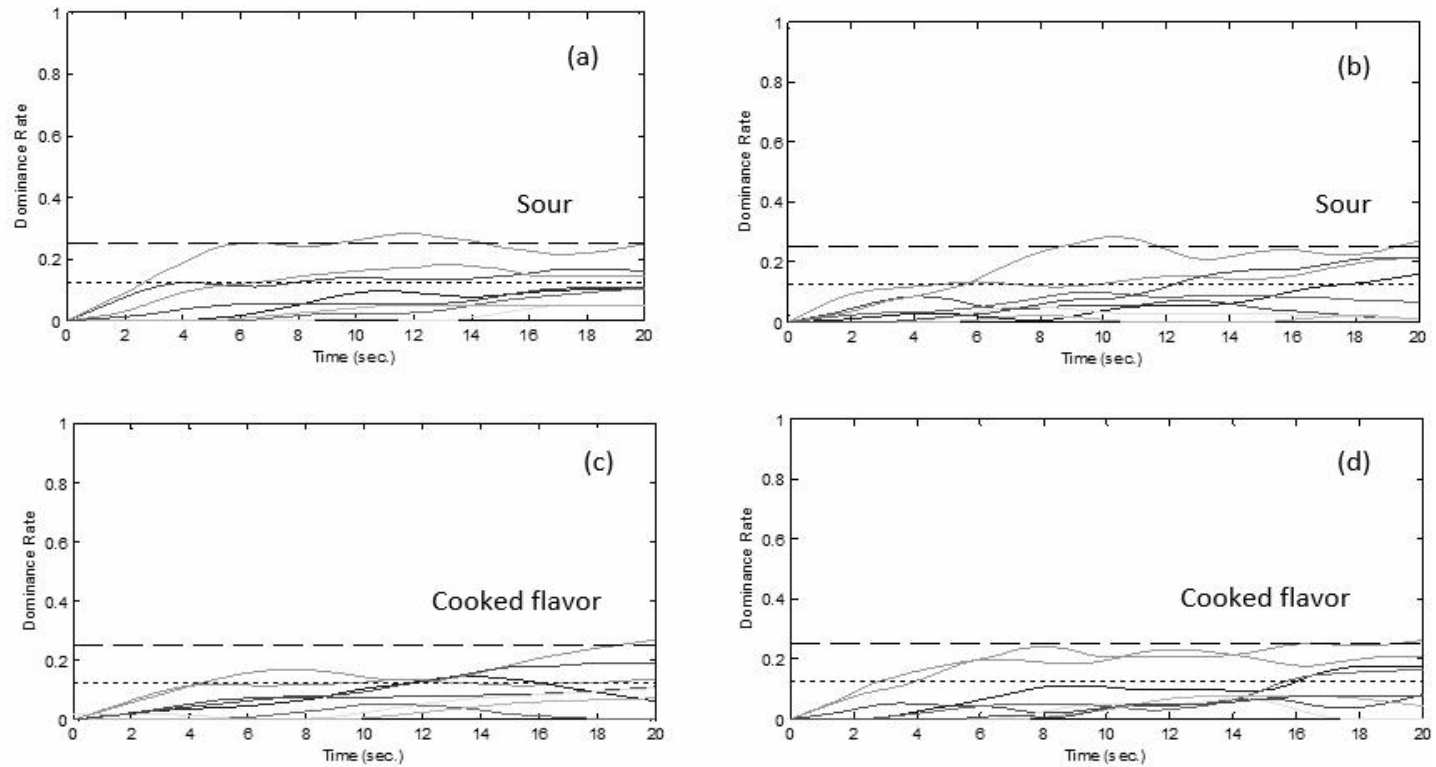
The sour taste was the only one to be perceived in both types of pulps at time zero (FIGURE 3 b). The UP pulp TDS graph shows that the sour taste was perceived after 4 seconds and its dominance rate increased to 0.39 (39% of the tasters perceived this flavor as dominant) at 10 seconds remaining relatively stable until the end of test. In the P pulp, it was also found at 4 seconds with a maximum dominance ratio (0.30). This difference may be related to a loss, alteration or formation of new compounds, since pasteurization can induce loss of aroma and flavor compounds typical of fresh fruit (COSTA et al., 2003).

Perception of only an sour taste may be related to increased dominance of acidity when the sweet taste is less dominant, showing that the acidity and sweetness suppress each other (SCHIFFERSTEIN; FRIJTERS, 1991).

The lack of studies using the TDS technique in fruit pulp limits the comparison of the results; However, a recent study with strawberry pulp submitted to treatments similar to that of this study identified acid taste as dominant in pulps P and SP and the cooked flavor was perceived in pulp P at zero storage time (GONÇALVES et al., 2017) and another study with blackcurrant juice obtained from pulp, the sour taste was dominant in those produced with a higher pulp concentration (Ng et 2012). Higher soluble solids content (greater sweetness) was also detected in the P pulps at time zero (Figure 1 c1) than in the UP pulp and may justify lower sour taste perception in the P pulps (FIGURE 3b). The perception of sour taste as dominant is consistent with the results of Figure 1, in which the mangaba pulp, although having high SS content, presented low pH and high TA.

After 4 months of storage, the acid flavor was dominant in the pulps UP (SA and FA) (FIGURE 4 a and b), but showed lower maximum dominance ratio (0.28) than at time zero for the two types of pulp. The P pulps showed the cooked flavor as dominant, this being perceived only at the end of the test and at a low dominance rate in the two types of pulp (average of 0.26).

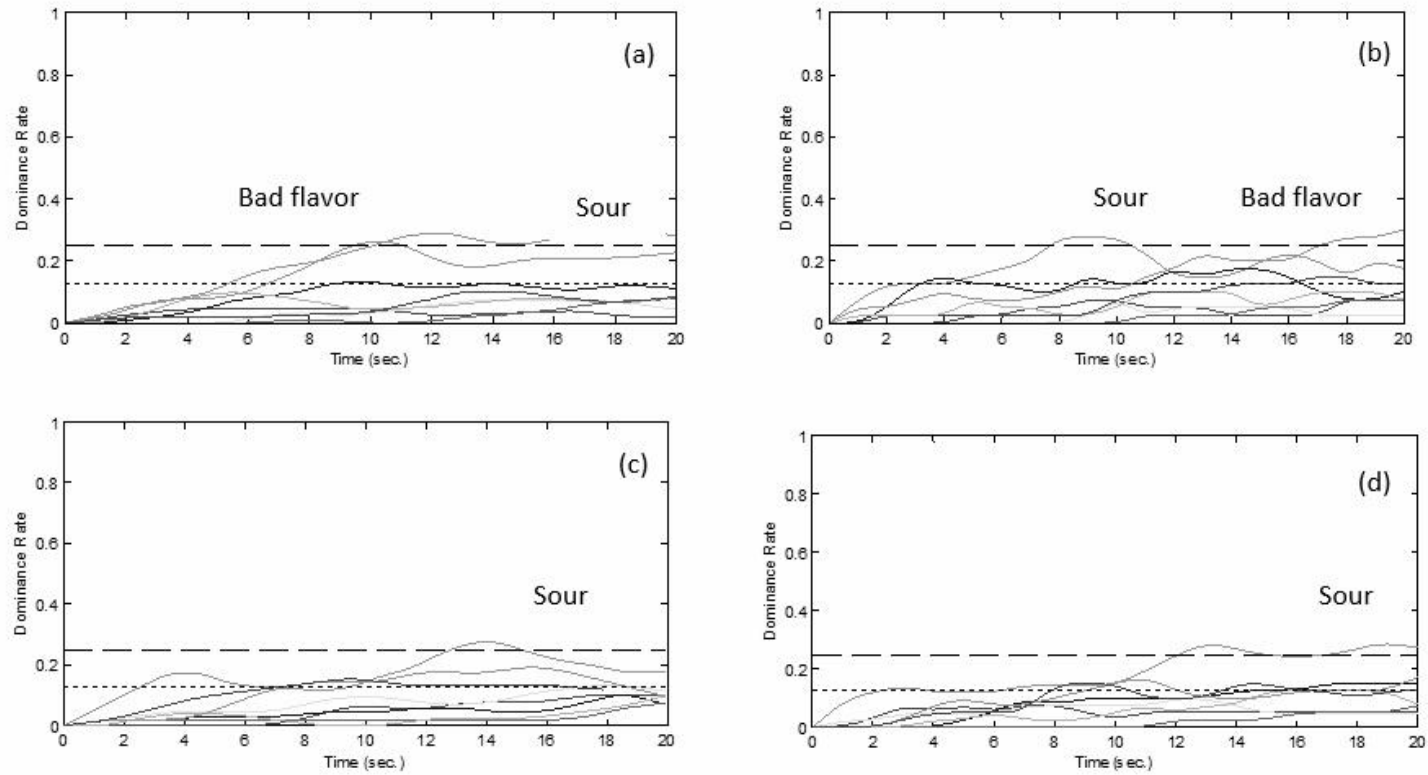
Figure 4 Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 4 months.



The perception of the cooked flavor is justified by the heat treatment applied to the pulps. Although the pasteurization fosters the perception of cooked flavor in fruits like papaya and mango (PARKER et al., 2010; LEDEKER et al., 2014), it can be inferred that the mangaba pulps, when pasteurized will not always present that taste, as it was perceived as dominant only after 4 months of storage and at a low dominance rate (only 25% of the panelists cited it), regardless of the freezing method (FIGURES 4 a - d). The cooked flavor was previously identified by García-Reyes and Narvaez-Cuenca (2010) in pasteurized araçá pulp, after 60 days of storage.

At eight months of storage, in addition to the sour taste, a bad flavor was identified in the UP pulps (FIGURE 5-b). This was perceived in UPSA pulp from 10 seconds until the end of the test, with a maximum dominance rate of 0.28, whereas the UPFA pulp was perceived only from 8 to 10 seconds and with a dominance ratio of 0.27. The bad flavor was perceived with a low dominance rate (average of 0.27) in the UP pulps, but tended to increase in the UPFA pulp. The identification of bad flavor can only indicate flavor deterioration with increased time in unpasteurized mangaba pulp.

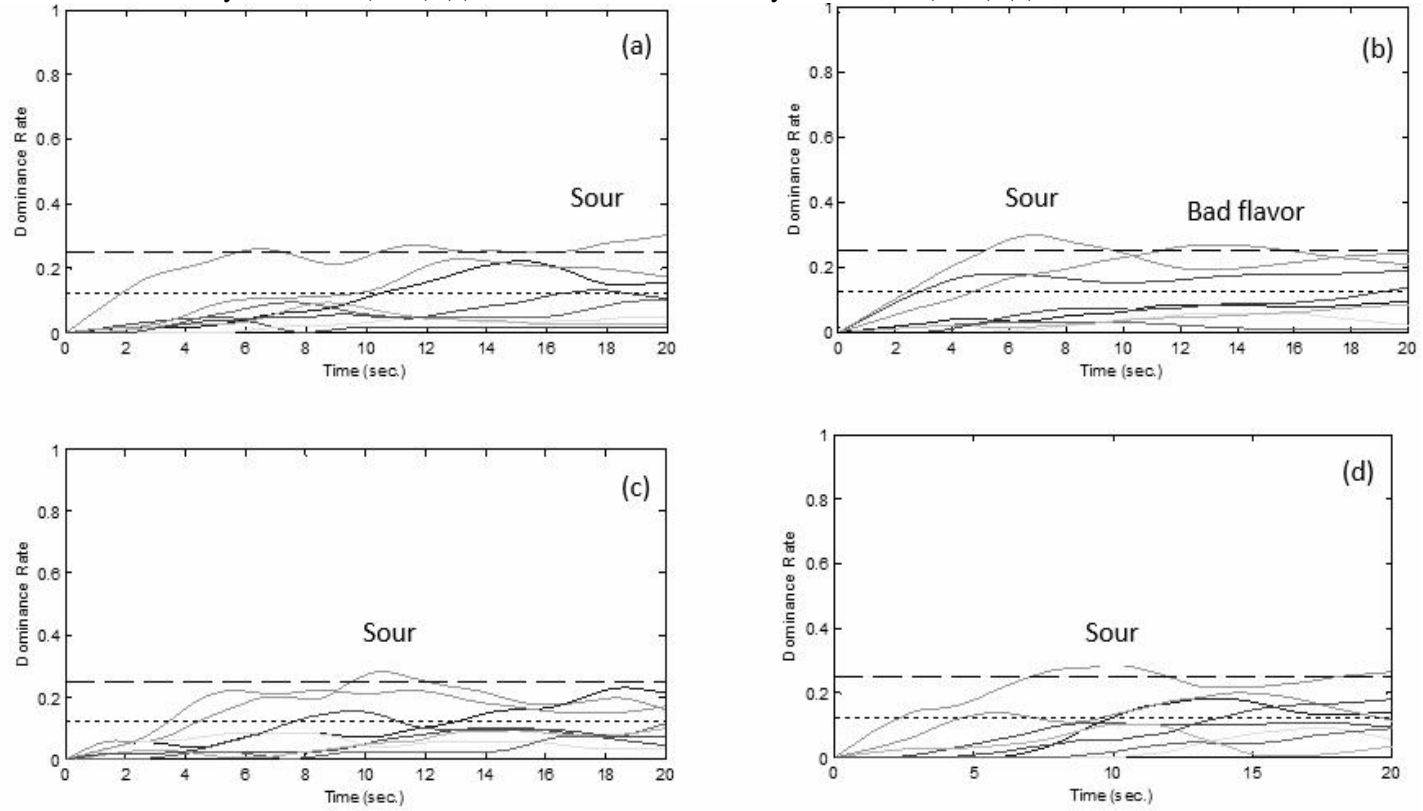
Figure 5 Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 8 months.



The perception of bad flavor, identified with the TDS test shows its efficiency in identifying flavors that contributed to the depreciation of the mangaba pulp acceptance over time, which cannot be achieved with the static sensory test. In the P pulps at 8 months of storage, only the sour taste was identified starting from 10 seconds with average dominance rate of 0.28 in both types of freezing (SA and FA).

At the end of the storage period the acid flavor again was dominant (FIGURE 6 a - d), but with maximum low dominance rate in all treatments, lower than that observed in pulps at time zero (0.39 and 0.35). The perception of sour taste by fewer flavors, with increasing time, may relate to the lower pH and higher titratable acidity discussed above. In the work of Gonçalves et al. (2017), panelists identified in addition to sour taste, at all times and treatments, the cooked flavor only in pulp pasteurized at time zero, in pasteurized and unpasteurized strawberry pulp, frozen by static air and forced air stored frozen for six Months.

Figure 6 Graphic representation of the temporal dominance of sensations profile generated for mangaba pulp Unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA) (a); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA) (b); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) (c); and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) (d) stored for 12 months.



Besides the sour taste, dominant in all treatments after 12 months of storage, the bad taste was dominant in the UPFA pulps, although with a low maximum dominance rate (0.26). In general, the pasteurization and lower storage time were more efficient in retaining the original flavor of mangaba pulp throughout storage.

➤ **Ideal scale - sweet taste**

Although much of the mangaba is marketed as raw material for the food industry, it is often consumed in the form of nectar. The lack of previous studies on the ideal sweetness of the nectar of this fruit justifies application of ideal scale technique to identify the optimal concentration of sucrose to be added. The result of this test will be used to assess the acceptance of the mangaba pulp nectar.

From the responses of the tasters, the linear model described the relationship between the optimal concentrations of sugar for mangaba nectar. The linear equation determined the optimal sucrose concentration ($y = -3.341 + 0,3805x$, $R^2 = 0.9988$) of 87.8 g / L. Our results are similar to others who applied the ideal scale with the same purpose in nectars of different fruits like passion fruit (94 g / L sucrose) (ROCHA; BOLINI, 2015), orange (73 g / L) (PINELI et al., 2016) and strawberry (90 g / L) (GONÇALVES et al., 2017).

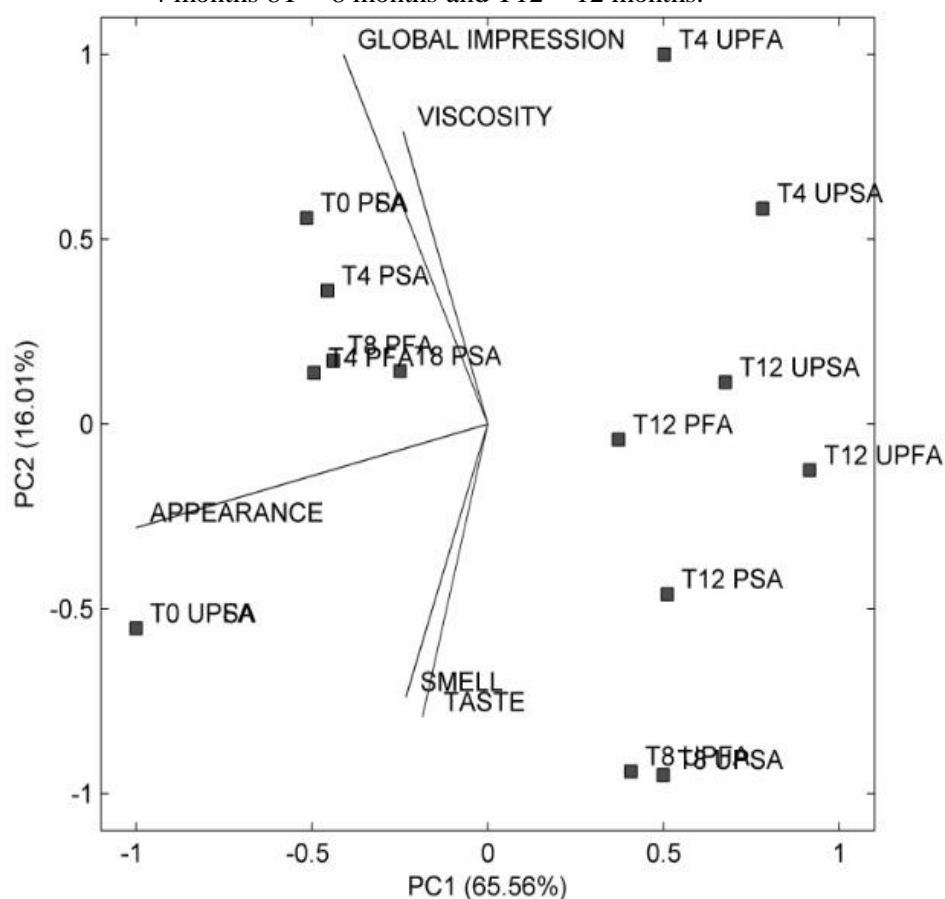
Although the human being has an innate taste for sweetness, people have different preferences about the level of sweetness and this can be suppressed by other flavors present in complex food matrices (METHVEN et al., 2016), as is the case of mangaba.

➤ **Acceptance**

Acceptance testing was conducted on the nectar made from the mangaba pulps with an added 87.8 g L⁻¹ of sucrose, the concentration identified as ideal in the ideal scale described.

Unsupervised methods such as PCA and HCA, can be efficient and fast chemometric tools to distinguish differences among samples, depending on the different parameters used (ZIELINSKI et al., 2014) and were selected for analysis of the acceptance results. The PCA results for appearance, odor, viscosity, flavor and overall impression of mangaba nectar samples are shown in Figure 7. The two main components explained 81.57% of the variation among samples.

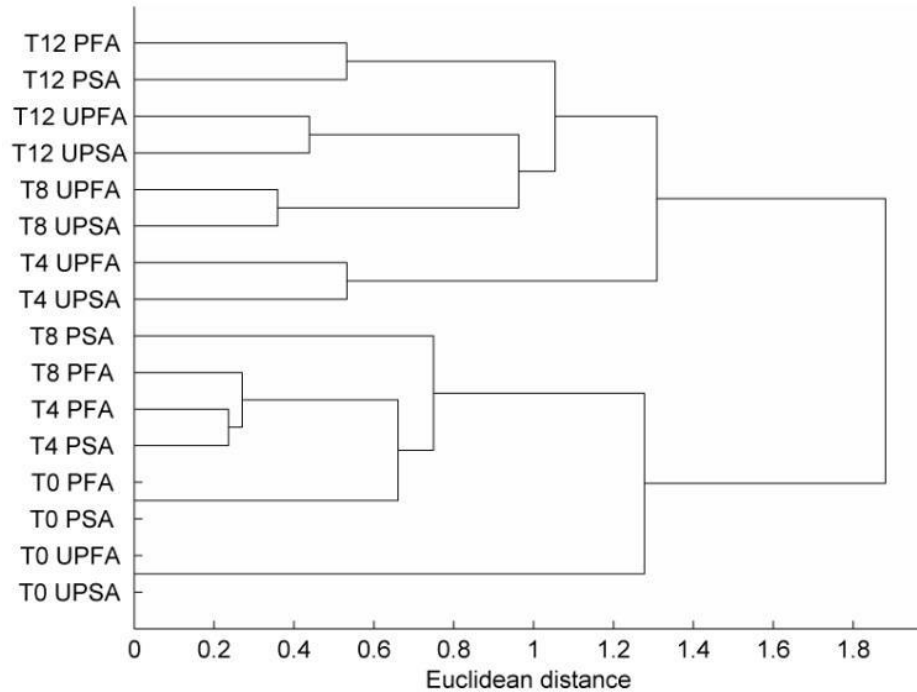
Figure 7 Graphic representation of PCA of mangaba pulp nectar unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) stored for T0 = time zero, T4 = 4 months 8T = 8 months and T12 = 12 months.



According to the PCA chart, samples that showed greater acceptance in all evaluated parameters were those at time zero (UPSA, UPFA, PSA, PFA) and at four and eight months (PSA, PFA). The evaluation of the acceptance of strawberry pulps submitted to treatments similar, identified as most accepted only the samples unpasteurized and pasteurized at zero time with regard to the following attributes: appearance, overall impression and viscosity (GONÇALVES et al., 2017). The remaining samples (UPSA T4, T4 UPFA, UPSA T8, UPFA T8, T12 UPSA, T12 UPFA, T12 and T12 PSA, PFA) showed lower acceptance in all evaluated parameters. These results may be related to TDS test, indicating that the acid flavor identified at time zero and the cooked flavor in pulp, at the four months of storage, did not compromise the acceptance of these pulps.

The similarity of the samples was assessed using hierarchical cluster analysis (HCA), which seeks to group the samples into classes based on the similarity of the participants in a same class and the differences among members of different classes (BEEBE et al., 1997). HCA analysis for accepting the 16 mangaba pulp nectar samples showed the formation of 2 large clusters, confirming the PCA results (FIGURE 8).

Figure 8 Graphic representation of HCA of mangaba pulp nectar unpasteurized, frozen by Static Air (UPSA); Unpasteurized by frozen by Forced Air (UPFA); Pasteurized frozen by Static Air (PSA) and Pasteurized frozen by Forced Air (PFA) stored for T0 = time zero, T4 = 4 months 8T = 8 months and T12 = 12 months. Cluster one, containing all zero time treatments (UPSA, UPFA, PSA, PFA) and PSA and PFA treatments, both in the times four and eight months.



The other group is made up of all time twelve treatments and UPSA and UPFA treatments, both at four and eight months.

This result indicates that pasteurization, regardless of the freezing method, ensured greater acceptance for the mangaba pulps for up to eight months of storage. The unpasteurized pulps, from the fourth month of storage, showed less acceptance and with 12 months of storage all samples were less accepted, indicating that the increased time detracts from the mangaba pulp acceptance. Different from these results Gonçalves et al. (2017) identified that pasteurization decreases acceptance of strawberry pulp, regardless of the

freezing method, although they also observed a negative effect of increased storage time on pulp acceptance.

Appearance, the most important attribute for consumers when making a purchase decision, and indicated as less accepted in the UP pulp and pulp stored over time, can be attributed to the color modifications detected in these treatments, such as lower chromaticity (FIGURE 2 D)

The higher general acceptance of P pulp can still be related to the higher soluble solids content presented by this treatment from six months of storage (c1 FIGURE 1). Regarding the TDS test results, the decrease of the initial acidity and perception of bad flavor from eight months in UP pulps may have contributed to lower acceptance of the mangaba pulp with increasing storage time.

These mangaba pulp acceptance results resemble those of Souza et al. (2011) who also found no difference in the acceptance of orange pulp samples, frozen via static air and the cryogenic method, during 50 days of storage. In that case, it was not confirmed that the slow freezing by SA depreciates the food quality more than rapid freezing (SYAMALADEVI, 2011).

The PCA and HCA complemented and allowed us to visualize the differences among samples, particularly in relation to time and pasteurization, noting that, in general, shorter storage time and pasteurization determines greater acceptance of the attributes evaluated, regardless of the freezing method.

4 CONCLUSIONS

The Soluble solids content tends to decrease, independent of pasteurization, freezing method and storage time. But the pH, titratable acidity and pulp color are little changed.

The TDS analysis showed that the sour taste was dominant in most treatments, combined with the identification of the bad flavor in the unpasteurized pulps from eight months and our ideal scale evaluation determined that 87.8 g/L of added sucrose would yield the optimal flavor for mangaba nectar.

The pasteurization, promotes greater mangaba pulp acceptance for up to eight months; however, even at twelve months of storage, all treatments presented good sensory acceptance from consumers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the Foundation for Research Support of the State of Minas Gerais (FAPEMIG), for the financial support.

REFERENCES

- ALBERT A., SALVADOR A., SCHLICH P.; FISZMAN S. Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. **Food Qual Prefer**, 24(1): 111–118, 2012.
- AQUINO, A. C. M. S; CARNELOSSI, M. A. G.; CASTRO, A. A. Estabilidade do ácido ascórbico e dos pigmentos da polpa de acerola congelada por método convencional e criogênico. **Braz J Food Technol** 14(2): 154-163, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (2012). Official Methods of Analysis of the AOAC. 19a ed. Washington: Editorial Board, 3000p.
- ASSUMPÇÃO, C. F.; BACHIEGA, P.; SANTANA, A. T. M. S; MORZELLE, M. C.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, E. C. de. Néctar misto de mangaba (*Hancoria speciosa* Gomes) e cagaita (*Eugenia dysenterica*): perfil sensorial e características físico-químicas. **Rev Bras Prod Agroind**, 15(3): 219-224, 2013.
- BEEBE, K. R; PELL, R. J.; SEASHOLTZ, M. B. **Chemometrics: a practical guide**. John Wiley & Sons: New York, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento (2000). Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília.
- CARDOSO, M. C.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: Nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, (69): 89–99, 2014.
- CONCEIÇÃO, M. C.; FERNANDES, T. N.; PRADO, M. E. T.; RESENDE, J. V. Effect of sucrose and pectin addition on physical, chemical, thermal and rheological properties of frozen/thawed pineapple pulps. **Korea-Aust Rheol J.**, 24(3): 229-239, 2012.

COSTA, M. C.; MAIA, G. A.; SOUZA, M. S. F.; FIGUEIREDO, R. W.; NASSU, R. T.; MONTEIRO, J. C. S. Conservação da polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Wild. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados. **Rev Bras Frutic.**, 25(2): 213-215, 2003.

DAMIANI, C.; LAGE, M. E.; SILVA, F. A.; PEREIRA, D. E. P.; BECKER, F. S.; VILAS BOAS, E. V. B. Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. **Ciênc Tecnol Aliment.**, (33): 19-27, 2013.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância** Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA. 2010.

FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M; MEDEIROS, J. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa de mangaba. VII Iberian Congress of Agricultural Engineering and Horticultural Sciences, Madrid, August 26-29, 2013.

GANGA, R. M. D.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Parâmetros genéticos em progênies de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Scientia Forestalis**, 37(84): 395-404, 2009.

GARCÍA-REYES, R. H.; NARVAEZ-CUENCA, C. E. The effect of pasteurization on the quality of frozen arazá (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) pulp. **J Food Qual** (33): 632-645, 2010.

GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; GONÇALVES, C. S.; ALCÂNTARA; E. M. DE; CARVALHO, E. E. N.; J. V. DE RESENDE; CIRILLO, M. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; Temporal dominance of sensations for characterization of strawberry pulp subjected to pasteurization and different freezing methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 77, pp. 413-421, 2017.

ICMSF - International Commission on Microbiological Specifications for Foods. **Microrganisms in Food**. 2.ed. Toronto: University of Toronto. 1983. 436p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo - Brasil). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4a ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.

LABBE, D.; SCHLICH, P.; PINEAU, N.; GILBERT, F.; MARTIN, N. Temporal Dominance of Sensations and Sensory Profiling: A comparative study. **Food Qual Prefer**, (20): 216–221, 2009.

LEDEKER, C.; SUWONSICHON, S.; CHAMBERS, D.; ADHIKARI, K. Comparison of sensory attributes in fresh mangoes and heat-treated mango purées prepared from Thai cultivars. **LWT - Food Sci Technol**, 56 (1): 138–144, 2014.

LIMA, J. P. de; RODRIGUES, L. F.; MONTEIRO, A. G. D. P.; VILAS BOAS, E. V. de B. Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) and its responses to temperature. **Sci Hortic**, (197): 399–403, 2015b.

LIMA, R. M. T.; FIGUEIREDO, R. W. de; MAIA, G. A.; de SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T.; Rodrigues, C. S. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. **Cienc Rural**, 42(2):367-373, 2012.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Food Sci Technol**, (4): 129-148, 1989.

MARTIM, S. R.; NETO, J. C.; OLIVEIRA, I. M. de A. Características físico-químicas e atividade da peroxidase e polifenoloxidase em genótipos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Willd ex-Spreng Schum) submetidos ao congelamento. **Semina**, 34(5): 2265-2276, 2013.

METHVEN, L.; XIAO, C.; CAI, M.; PRESCOTT, J. Rejection thresholds (RjT) of sweet likers and dislikers. **Food Qual Prefer** (52): 74–80, 2016.

MOURA, L. C. de; OLIVEIRA, K. B.; VITORINO, L. C.; MEGGER, C.; SILVA, M. A. P. da; SILVA, N. F. da. Atividade de enzimas oxidativas em frutos de mangaba. III Inovagri International Meeting. Fortaleza, CE.

NG, M.; LAWLOR, J. B.; CHANDRA, S.; CHAYA, C.; HEWSON, L.; HORT, J. Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes. **Food Qual Prefer**, 25(2): 121-134, 2012.

PARKER, T. L.; ESGRO, S. T.; MILLER, S. A.; MYERS, L. E.; MEISTER, R. A.; TOSHKOV, S. A.; ENGESETH, N. J. Development of an optimised papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. **Food Chem** (118): 861–869, 2010.

PEREIRA, A. C.; PEREIRA A. B.D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION, L. M.; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; Cortes, S. F. (2015) *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **J Ethnopharmacol** (161): 30–35.

PINEAU, N.; SCHLICH, P.; CORDELLE, S.; MATHONNIÈRE, S.; ISSANCHOU, A; IMBERT, M. (2009) Temporal dominance of sensations: construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. **Food Qual Prefer** (20): 450-455.

PINELI, L. L. de O.; AGUIAR, L. A. de; FIUSA, A.; BOTELHO, R. B. de A.; ZANDONADI, R. P.; MELO, L. (2016) Sensory impact of lowering sugar content in orange nectars to design healthier, low-sugar industrialized beverages. **Appetite** (96): 239-244.

PINHEIRO, A. C. M.; NUNES, C. A.; VIETORIS, V. (2013) SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciênc Agrotec** (37): 199–200.

POIANA, M.; MOIGRADEAN, D.; RABA, D.; ALDA, L.; POPA, M. (2010) The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. **J Food Agric Environ** (8): 54-58.

ROCHA, I. F.de O.; BOLINI, H. M. A. (2015) Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. **Food Sci Nutr** 3(2): 129–139.

SAHARI, M. A.; MOHSEN, B. F.; ZOHREH, H. E. (2004) Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristics of frozen strawberry. **J Food Chem** 86(3): 357-363.

SCHIFFERSTEIN, H. N. J.; FRIJTERS, J. E. R. (1991) The effectiveness of different sweeteners in suppressing citric acid sourness. **Percept Psychophys** (49): 1–9.

SILVA, M. A. P. da; VIEIRA, N. F.; MARTINS, Y. A. A.; ARAÚJO, V. F. P.; GONÇALVES, D. S.; MOURA, L. C. de; PLÁCIDO, G. R.; CARVALHO, B. (2015) Sensory profile of fermented milk drinks flavored with fruits from the Brazilian Cerrado. **Afr J Food Sci** 9(6): 379-389.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. (2007) **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 536 p. São Paulo, BR: Livraria Varela.

SOARES, G. L.; DAIUTO, E. R.; MENDONÇA, V. Z.; VIETES, R. L. (2015) Caracterização físico-química de polpa de coco verde submetida ao congelamento lento e rápido. **Nativa** 3(3):185-190.

SOKOLOWSKY, M.; FISCHER, U. (2012), Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time-intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. **Anal Chim Acta** (732): 46-52.

SOUZA ALG DE, MOURA AS, CARNELOSSI MAG AND CASTRO AA (2011) Avaliação dos níveis de Aceitação e de intenção de compra da polpa de laranja pera congelada e criocongelada. **Cientia Plena** 7(3): 1-8.

STONE, H.; SIDEL, J. L. (1993) Sensory Evaluation Practices. Pp. 56-59. Orlando, USA: **Academic Press**.

SYAMALADEVI, R. M. (2011) Stability of anthocyanins in frozen and freeze-dried raspberries during long-term storage: in relation to glass transition. **J Food Sci** 76(6): 414-421.

VÀZQUEZ-ARAÚJO, L.; PARKER, D.; WOODS, E. (2013) Comparison of temporal-sensory methods for beer flavor evaluation. **J Sens Stud** (28): 387-395.

VENTURINI FILHO, W.G. (2010) Bebidas alcoólicas – Ciência e tecnologia. São Paulo: **Blucher**. 461p.

VICKERS, Z. (1988) Sensory specific satiety in lemonade using a just right scale for sweetness. **J Sens Stud** (3): 1-8.

ZHANG, Y.; GAO B.; ZHANG, M.; SHI, J.; XU, Y. (2010) Pulsed electric field processing effects on physicochemical properties, flavor compounds and microorganisms of longan juice. **J Food Process Preserv**, 31 (6): 1121–1138.

ZIELINSKI, A. A. F.; ÁVILA, S.; ITO, V.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; HAMINIUK, C. W. I. (2014) The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and *in vitro* antioxidant activity of frozen fruit pulp in brazil: an application of chemometrics. **J Food Sci** 79(4): C510516.

ZHOU, L.; WANG, Y.; HU, X.; WU, J.; LIAO, X. (2009) Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 10 (3): 321–327.