



ELÍDIO ZAIDINE MAURÍCIO ZITHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO,
EMBALAGEM E TEMPO DE
ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE
DA GELEIA DE MANGABA
(*Hancornia speciosa* Gomes)**

**LAVRAS - MG
2016**

ELÍDIO ZAIDINE MAURÍCIO ZITHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO, EMBALAGEM E TEMPO DE
ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DA GELEIA DE
MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes)**

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

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Coorientadora

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho

**LAVRAS - MG
2016**

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

Zitha, Elídio Zaidine Maurício.

Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) / Elídio Zaidine Maurício Zitha. – Lavras : UFLA, 2016.

160 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

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

Bibliografia.

1. Frutas do cerrado. 2. Processamento. 3. Geleia. 4. Estocagem. 5. Qualidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ELÍDIO ZAIDINE MAURÍCIO ZITHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO, EMBALAGEM E TEMPO DE
ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DA GELEIA DE
MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes)**

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

APROVADA em 22 de agosto de 2016.

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Dra. Luciana Costa Lima UFMT

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2016**

A minha mãe Joana Viagem, a minha querida avó Madalena Viagem, minha irmã Edna, demais familiares e, em especial a mulher da minha vida Silvana Fernando Lia (Naná), que mesmo estando distantes, se mantiveram incansáveis em suas manifestações de apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, muito comuns para quem tenta trilhar novas aventuras.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de tudo e por ter colocado pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente a minha vida não teria lógica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq) -Brasil em coordenação com o Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional (MCTESTP)-Moçambique, pela concessão da bolsa de estudos, no âmbito do Programa de Estudantes - Convênio de Pós-Graduação (PEG-PG)-chamada nº42/2013.

Ao Instituto de Fomento do Caju (INCAJU), instituição da qual faço parte, por ter me dado a chance de concorrer a bolsa e acreditar no meu potencial.

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do mestrado. Especial agradecimento ao coordenador do curso, Professor Jaime Vilela de Resende, que esteve diretamente envolvido no processo de aceitação.

Em especial, ao Professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, meu orientador, pelos ensinamentos, por seu exemplo de profissionalismo, ética e cidadania. Os seus ensinamentos foram muito além da missão de um professor, você contribuiu para o meu crescimento como pessoa e profissionalmente e, soube despertar a minha admiração de um modo único, e se tornou uma fonte de inspiração para mim.

Em especial, à Professora Elisângela Elena Nunes Carvalho, pela coorientação, ensinamentos, paciência, amizade, dedicação para a realização desta pesquisa. Você esteve ao meu lado durante esses dois anos, e não mediu esforços para me ajudar, sempre com uma solução simples para os meus problemas que pareciam ser complexos.

Em especial, à Professora Luciana Costa Lima, por aceitar fazer parte da banca, pela amizade e pelo respeito que é mútuo.

A todos os Professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, especialmente aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pelos ensinamentos.

Aos meus familiares, por acreditarem no meu potencial, por apoiarem minhas escolhas, pela força e pelo amor incondicional.

Em especial, à Silvana Fernando Lia, minha namorada, pelo companheirismo, amizade, compreensão, paciência, tolerância, apoio, alegria e amor.

Em especial, à Pós-doutoranda Heloísa Helena de Siqueira Elias, pelos ensinamentos, pela paciência, pela amizade, pelo carinho e por todo apoio prestado para o êxito deste trabalho.

À Diretoria de Relações Internacionais da UFLA, pelo apoio na tramitação de todos os documentos relativos à renovação do visto.

Em especial, à Secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Lucilene de Cássia Santos Cândido, pela disponibilidade em ajudar na tramitação dos documentos.

Às técnicas de Laboratório, Ana Alice, Cidinha, Aline, Elaine, Creusa e, especialmente à Tina, pelos ensinamentos, pela paciência, pela convivência, pela amizade, pelo carinho e por todo apoio prestado durante a realização do trabalho.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, Patrícia Machado, Mariana Crivelari, Ariela Thomas, Érica de Resende, Paulo Siriano, Diene France, Rafael Carvalho, Taciene Mesquita, Isadora Cardoso, Gilma Auxiliadora, Ana Clara Guimarães, Ezequiel Malfitato, Nathane Resende, Ítalo e a Dianiny, pela harmoniosa convivência e pela amizade.

Aos colegas do curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, especialmente a Lorena Rodrigues, Heloísa Martins, Armando Abel, Moisés Ngomé, Luciana Junqueira, Maria Clara Rocha, Priscila Magalhães, Renata Rocha, Sérgio Henrique, Sérgio Augusto, Ronaldo Mello, Kamila Soares, João Renato, Amanda Umbelina, Maria Cecília, Ana Paula Bressani, Nathasha de Azevedo Lira, Eloá Lourenço, pela amizade e pelo companheirismo.

Aos estudantes de graduação, Ana Beatriz Araújo, Lívia Miqueleto, Maria Paula Vilas Boas, Kelly Pereira, Christiane Sintha, Rafaela, Caio Cavini, Deyvid Henrique, Carol Kenichel, Júlia Pires e Moniky Carvalho, pela amizade e pelo apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Em especial, à Esperança Cativa Baptista João, minha colega desde graduação em Moçambique, pelos valiosos conselhos e por sempre acreditar em mim, mesmo antes que eu o fizesse.

A todos os estrangeiros em Lavras, especialmente aos moçambicanos, pela amizade e, por me proporcionarem momentos tão agradáveis.

Enfim, a todos que, embora não mencionados, acreditam em mim e que, contribuíram direta ou indiretamente para o êxito deste trabalho, meus profundos agradecimentos.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

(Marthin Luther King)

RESUMO GERAL

Nas últimas décadas, vários estudos epidemiológicos têm demonstrado uma relação direta entre uma dieta rica em frutas e hortaliças, com a redução de incidência de doenças crônicas degenerativas, tais como certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, entre outras. O cerrado brasileiro é rico em espécies frutíferas exóticas com atributos sensoriais peculiares e um apelo funcional, mas o seu potencial não tem sido explorado. No presente trabalho objetivou-se avaliar o impacto do processamento, tipo de embalagem e o tempo de armazenamento sobre a qualidade de geleia de mangaba. As análises microbiológicas, físico-químicas, perfil de textura, propriedades reológicas, atributos sensoriais, fenólicos totais, vitamina C, capacidade antioxidante, perfil de compostos fenólicos e perfil de voláteis foram feitas na polpa (tempo 0) e na geleia durante 12 meses. Foi usado o delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis do fator embalagem (transparente e âmbar) e cinco tempos (0, 3, 6, 9 e 12 meses) de armazenamento, com quatro repetições. Os resultados mostraram que o processamento da polpa de mangaba afetou significativamente ($p < 0,05$) todas as variáveis analisadas, com uma redução geral da maioria das características físico-químicas, compostos bioativos, capacidade antioxidante e um aumento de compostos voláteis, principalmente os álcoois. Entre os dois fatores, apenas o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) a qualidade da geleia, também com uma redução geral de todos os parâmetros avaliados, exceto cinzas, fibra alimentar, elasticidade, cor e aroma. Em relação ao perfil de fenólicos, os resultados permitiram identificar 10 compostos agrupados em flavonoides e não flavonoides, sendo quercetina e catequina os compostos majoritários. Quanto ao perfil de voláteis, foram identificados na polpa de mangaba, 32 compostos, sendo os ésteres os compostos majoritários. Apesar das alterações observadas após o processamento e durante o armazenamento, os resultados obtidos no presente estudo, sugerem que a geleia de mangaba apresentou qualidade aceitável e que pode ser armazenada durante 12 meses e ser consumida sem nenhum risco de segurança.

Palavras-chave: Frutas do cerrado. Processamento. Geleia. Estocagem. Qualidade.

GENERAL ABSTRACT

In the last decades, numerous epidemiological studies have shown a direct relationship between a diet rich in fruits and vegetables and low incidence of chronic degenerative diseases such as certain types of cancer, cardiovascular diseases, and others. The Brazilian cerrado is rich in exotic fruit species with peculiar sensory attributes and good source of bioactive compounds. The aim of this work was to evaluate the impact of processing, packaging material and storage time on the mangaba jam quality. Microbiological, physicochemical, texture profile analysis, rheological properties, sensorial attributes, total phenolic compounds, vitamin C, antioxidant capacity, phenolic and volatile compounds profile analysis were carried out on mangaba fruit pulp (time 0), and on mangaba jam during 12 months of storage time. A simple completely randomized (CRD) factorial design with two factors including packaging material type (amber and clear glass jars) and storage time (0, 3, 6, 9, and 12 months) was used. The results showed that processing mangaba fruit pulp into jam affected significantly ($p < 0.05$) all the variables, with general reduction of many physicochemical characteristics, bioactive compounds, antioxidant capacity, and an increase in volatile compounds, mainly alcohols. Among the two factors studied, only storage time influenced significantly ($p < 0.05$) on the mangaba jam quality, with also reduction of all the parameters analyzed, except ash, total dietary fiber, springiness, color and flavor. With respect to phenolic profile, the results allowed to identify 10 compounds including flavonoids and non-flavonoids, and quercetin and catechin were the predominant compounds. The volatile profile analysis identified 32 compounds, and the esters were found to be the major compounds. Although the alterations observed after processing and during storage time, the results obtained in the present study, suggest that mangaba jam presented good quality and it can be stored for up to 12 months and still consumed safely.

Keywords: Cerrado fruits. Processing. Jam. Storage. Quality.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Biomas continentais brasileiros: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.....	18
Figura 2 - Frutos da mangabeira.....	23
Figura 3 - Diagrama de Rauch para consistência das geleias em função de seus constituintes básicos.	29
Figura 4 - Estrutura química do ácido poligalacturônico.	32
Figura 5 - Estruturas das pectinas de (a) alto teor de metoxilação (b) baixo teor de metoxilação e (c) pectina amidada.	33
Figura 6 - Esquema simplificado de biossíntese de compostos fenólicos.....	42
Figura 7 - Esquema da biossíntese de compostos voláteis em frutas e hortaliças.....	51

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Figure 1 - Changes in physicochemical properties (moisture, fat, protein, total pectin, and a_w) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).....	109
Figure 2 - Changes in physicochemical properties (titratable acidity, pH, total soluble solids, NFE and total energy value) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).....	110
Figure 3 - Changes in color parameters (value L^* , value C^* and $^\circ\text{hue}$) and sensory attributes (taste, texture and overall acceptability) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).	111
Figure 4 - Changes in texture analysis profile (hardness, adhesiveness, chewiness, cohesiveness and gumminess) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).....	112
Figure 5 - Changes in rheological properties of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).	113

ARTIGO 2

Figure 1 - Flow chart outlining the steps involved in mangaba jam processing.....	147
Figure 2 - Changes in bioactive compounds (vitamin C and TPC) and antioxidant activity (DPPH EC ₅₀ and DPPH-TEAC) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).....	149
Figure 3 - Changes in antioxidant activity (DPPH-VCEAC, ABTS-VCEAC, ABTS-TEAC and β-carotene bleaching) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).....	150
Figure 4 - HPLC-DAD/UV-Vis of the mixture of standards. Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 5, vanillin; 6, <i>p</i> -coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, <i>m</i> -coumaric acid; 9, <i>o</i> -coumaric acid; 10, quercetin; 11, <i>trans</i> -cinnamic acid; 12, rutin.	152
Figure 5 - HPLC-DAD/UV-Vis of mangaba fruit pulp. Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 6, <i>p</i> -coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, <i>m</i> -coumaric acid; 10, quercetin; 11, <i>trans</i> -cinnamic acid; 12, rutin.....	153
Figure 6 - HPLC-DAD/UV-Vis of mangaba jam (month 0). Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 6, <i>p</i> -coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, <i>m</i> -coumaric acid; 10, quercetin; 11, <i>trans</i> -cinnamic acid; 12, rutin.	154
Figure 7 - Changes in profile of phenolic compounds (gallic acid, catechin, rutin, and caffeic acid) recorded by HPLC-DAD/UV-Vis during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).....	156
Figure 8 - Changes in volatiles compounds (ethanol, 3-methyl-1-butanol, 3-methyl-2-butene-1-ol, and 3-methyl-1-butanol acetate) tentatively identified by CG-MS during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).....	159
Figure 9 - Changes in volatiles compounds (3-methyl-3-buten-1-ol, 3-methyl-2-buten-1-ol acetate, 2-propanone, and 3-hidroxy-2-butanone) tentatively identified by CG-MS during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).	160

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Table 1 - Effect of processing on physicochemical properties of mangaba jam.	106
Table 2 - Results from microbiological analysis of mangaba jam after processing and during 12 months of storage time at room temperature ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).	107
Table 3 - Rheological parameters of Newton's Law, Power Law, and Herschel-Bulkley models of mangaba jam after processing and during 12 months of storage time at room temperature ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).	108

ARTIGO 2

Table 1 - Effect of mangaba jam processing on bioactive compounds and total antioxidant activity.	148
Table 2 - Pearson's correlation coefficients (r) among bioactive compounds (TPC and vitamin C) and antioxidant capacity (DPPH EC_{50} , DPPH-VCEAC, DPPH-TEAC, ABTS-VCEAC, ABTS-TEAC, and β -carotene bleaching) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$)	151
Table 3 - Effect of mangaba jam processing on profile of phenolic compounds recorded by HPLC-DAD/UV-Vis.	155
Table 4 - Effect of mangaba jam processing on volatiles compounds tentatively identified by CG-MS	157

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	15
1	INTRODUÇÃO	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Cerrado	17
3.2	A cultura da mangabeira	20
3.3	Caracterização do fruto	22
3.4	O processamento dos frutos	24
3.5	Geleias	26
3.5.1	Descrição dos constituintes da geleia	28
3.5.1.1	Frutas	29
3.5.1.2	Açúcar	30
3.5.1.3	Pectina	31
3.5.1.4	Ácido	34
3.6	Embalagem e armazenamento	35
3.7	Avaliação da qualidade da geleia com base em análises físico-químicas	37
3.7.1	Composição centesimal	37
3.7.2	Atividade antioxidante	39
3.7.3	Compostos fenólicos	41
3.7.4	Vitamina C	45
3.7.5	Coloração	46
3.7.6	Reologia	47
3.7.7	Sólidos solúveis, acidez titulável e pH	49
3.7.8	Compostos voláteis	49
3.7.9	Qualidade sensorial	53
3.7.10	Segurança microbiológica	54
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	58
	SEGUNDA PARTE-ARTIGOS	75
	ARTIGO 1 IMPACT OF PROCESSING, PACKAGING MATERIAL AND STORAGE TIME ON QUALITY OF MANGABA FRUIT (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) JAM	75
	ARTICLE 2 IMPACT OF PROCESSING, PACKAGING MATERIAL AND STORAGE TIME ON BIOACTIVE AND VOLATILES COMPOUNDS OF MANGABA FRUIT (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) JAM	114

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Os novos hábitos alimentares associados ao novo estilo de vida dos consumidores contemporâneos concorrem para o aumento de uma série de fatores de riscos que podem levar à incidência das chamadas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), que estão entre as principais causas de mortalidade no mundo.

Entre esses fatores de risco aponta-se o consumo de dietas não equilibradas caracterizadas pela baixa ingestão de frutas e hortaliças, consumo de produtos ricos em gorduras saturadas, além da dinâmica da rotina diária, vida sedentária, alcoolismo e tabagismo.

Como consequência disso, aumenta o estresse oxidativo causado pela produção excessiva de espécies reativas de oxigênio que desempenham papel importante na incidência de muitas doenças crônicas não transmissíveis tais como, certos tipos de câncer, diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, osteoporose e obesidade.

Nos últimos anos, diversos estudos epidemiológicos têm demonstrado que uma dieta rica em frutas e hortaliças reduz a incidência de doenças crônicas não transmissíveis. O interesse crescente por frutas e hortaliças tem sido atribuído à presença de certas substâncias bioativas, como ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides e minerais, como cálcio, selênio e zinco, relacionadas a benefícios de saúde.

O Brasil apresenta uma ampla diversidade de espécies frutíferas exóticas com grande potencial a ser explorado, o que pode permitir atender ao crescimento da demanda interna e externa por frutas e hortaliças.

Os frutos nativos do cerrado brasileiro se destacam por possuírem alto valor nutricional e funcional e, apresentam atributos sensoriais peculiares que os tornam entre os mais saborosos do mundo. Entre as espécies frutíferas do cerrado brasileiro, a mangabeira, *Hancornia speciosa* Gomes, se destaca principalmente pelo fato do seu fruto, a mangaba, possuir sabor e aroma exótico comum no bioma cerrado e por apresentar um elevado valor nutricional e apelo funcional.

A mangaba é uma baga elipsoide ou esférica, de cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca, succulenta, adocicada e com elevado potencial para ser utilizada no desenvolvimento de novos produtos, como geleia, sorvete, xarope, vinagre, licor ou suco. É uma fonte importante de vitamina C e possui uma gama de compostos fenólicos, como flavonoides, flavononas e carotenoides, o que lhe confere alta capacidade antioxidante. Entretanto, a mangaba é um fruto que apresenta características sazonais e é altamente perecível devido à elevada taxa respiratória e, portanto, suscetível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio, o que constitui um grande obstáculo para a sua comercialização em lugares distantes dos locais de produção.

Dessa forma, a sua utilização para a elaboração de novos produtos, como a geleia, pode ser uma alternativa para explorar as potencialidades desse fruto, aumentar a vida útil, difundir o seu consumo em locais distantes dos centros de produção e otimizar as tecnologias para seu processamento, bem como agregar valor, melhorando dessa forma o nível de vida das comunidades rurais.

Diante disso, no presente trabalho objetivou-se elaborar a geleia de mangaba e avaliar o impacto do processamento, o efeito da embalagem (vidro âmbar e transparente) e do tempo de armazenamento sobre a qualidade desse produto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cerrado

A savanna brasileira mais conhecida por “Cerrado” é um dos maiores e mais importantes biomas do mundo e, principalmente do Brasil. Esse bioma é rico em sua fauna e flora e é considerada a savana mais diversificada do mundo, representando cerca de 5% da flora e fauna mundial e um terço da biodiversidade brasileira (CARRAZZA; ÁVILA, 2010; GONÇALVES, 2007; SANTOS et al., 2010). Ocupa uma área de cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados, o que representa 22% do território nacional brasileiro, constituindo o segundo maior bioma do país, sendo apenas superado pela Floresta Amazônica (CARDOSO et al., 2011; GONÇALVES, 2007; OLIVEIRA et al., 2012).

Da área total do bioma, 85% estão localizados basicamente no Planalto Central e o restante da área nos estados de Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pará, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, Roraima e Sergipe (Figura 1) (MARTINS, 2006; OLIVEIRA, 2009).

Por definição, bioma é um conjunto de vida vegetal e animal, especificado pelo agrupamento de tipos de vegetação e identificável em escala regional, com condições geográficas e de clima similares e uma história compartilhada de mudanças cujo resultado é uma diversidade biológica própria. A localização de cada bioma é condicionada fundamentalmente pelos seguintes fatores: temperatura, precipitação pluviométrica e pela umidade relativa, e em menor escala pelos tipos de componentes do solo (VIEIRA; MARTINS, 1998).

Figura 1 - Biomas continentais brasileiros: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004).

A riqueza da biodiversidade do Cerrado é explicada pela sua vasta extensão territorial, posição geográfica, pela heterogeneidade vegetal e também, por ser cortada pelas três maiores bacias hidrográficas sul-americanas (VIEIRA et al., 2006).

Apesar do reconhecimento da riqueza desse bioma, nos últimos anos, a negligência quanto às leis de proteção ambiental, as queimadas descontroladas, a substituição das áreas naturais do Cerrado por áreas de agricultura e pecuária vêm desencadeando uma diminuição das espécies nativas da biodiversidade que poderiam ser utilizadas como fonte de desenvolvimento sustentável regional (REZENDE et al., 2004).

O clima do Cerrado é estacional, apresentando duas estações bem definidas, uma no período chuvoso, entre os meses de outubro a março, seguido por um período seco de abril a setembro. A precipitação varia de 600 a 2.200 mm anuais, sendo a média anual de 1.500 mm (FERREIRA, 2008). As temperaturas são, geralmente, amenas ao longo do ano, entre 22 e 27 °C em média, sendo a temperatura máxima de 40 °C. Nesse bioma encontra-se o divisor de águas das três grandes bacias

hidrográficas do Brasil: a Amazônica, a do Paraná e a do São Francisco (GOMES, 2008).

Os solos dominantes na região dos Cerrados são do tipo Latossolos, cobrindo 46% da área. Esses tipos de solos podem apresentar uma coloração variando do vermelho para o amarelo, em sua maioria são profundos, bem drenados, apresentam baixa fertilidade natural, acidez elevada, alta toxidez de alumínio, baixa capacidade de armazenamento de água, porém devido às suas propriedades físicas exibem boas condições físicas para a mecanização, sendo adequados para a produção agrícola e utilização racional, pois embora apresentem limitações quanto à fertilidade natural, esta pode ser transformada pela tecnologia existente (ADÁMOLI et al., 1986; BRAGA FILHO et al., 2009; CARUSO, 1997).

A vegetação do cerrado é caracterizada por possuir, basicamente, dois extratos, um arbóreo/arbustivo de caráter lenhoso, e outro herbáceo/subarbustivo constituído por gramíneas, ervas e pequenos arbustos (COUTINHO, 1992). A flora é bastante diversificada, distinguindo-se 11 tipos fisionômicos distribuídos em formações florestais, savanas e campestres: Cerradão, Cerradão Sentido Restrito (*stricto sensu*), Mata Ciliar, Mata da Galeria, Mata Seca, Vereda, Campo Sujo, Campo Limpo, Campo Rupestre, Palmeiral e Parque de Cerrado (SILVA et al., 2001).

Entre os tipos fisionômicos mencionados, o mais comum é o chamado Cerrado Sentido Restrito ou *Stricto Sensu*, uma formação do tipo savana que merece destaque por ser a mais rica em espécies frutíferas nativas de grande interesse para o aproveitamento alimentar (AGUIAR; CAMARGO, 2004). Estimativas apontam que existem pouco mais de 58 espécies frutíferas nativas conhecidas e utilizadas pela população local (ÁVIDOS; FERREIRA, 2005).

Os frutos do Cerrado possuem características sensoriais como coloração, sabor e aroma peculiares e intensos, que os tornam mais atrativos, além de serem potenciais fontes de nutrientes e compostos bioativos (VIEIRA; COSTA, 2007). Portanto, a utilização dos frutos nativos do cerrado brasileiro pode ser uma opção para

melhorar a saúde da população, agregar valor aos recursos naturais e, melhorar a renda das comunidades rurais.

Entre as espécies frutíferas com elevado potencial econômico, apontam-se: mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), baru (*Dipteryx alata* Vog.), araticum (*Annona crassiflora* Mart.), caju (*Anacardium othonianum* Rizzini), buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.), jatobá (*Hymenaea courbaril* Mart. ex Hayne), araçá (*Psidium guineense* Swartz), murici (*Byrsonima verbascifolia* (L) DC.) e cagaíta (*Eugenia dysenterica* Mart ex. D. C.) (ALMEIDA; COSTA; SILVA, 2008; PEREIRA et al., 2006).

3.2 A cultura da mangabeira

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) pertence à classe Dicotyledoneae, ordem Gentianales, família Apocynaceae, gênero *Hancornia* e à espécie *Hancornia speciosa*, descrita por Gomes em 1812 (LEDERMAN et al., 2000). A família Apocynaceae inclui cerca de 400 gêneros e 3700 espécies, sendo que no Brasil ocorrem aproximadamente 95 gêneros e 850 espécies. Fazem parte dessa família algumas árvores fornecedoras de madeira de boa qualidade, como as perobas e guatambus e são ricas em latex e em substâncias usadas para o tratamento do câncer (SOUZA; LORENZI, 2008).

A mangabeira é uma fruteira nativa do Brasil e está presente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, ocorrendo em regiões de vegetação aberta, como cerrados, tabuleiros arenosos, chapadas e caatingas (VENTURINI FILHO, 2010; VIEIRA NETO, 2001).

É uma planta arbórea de porte médio que atinge de 2 a 10 metros de altura podendo chegar raramente aos 15 metros. Possui porte harmonioso, com seus galhos separados e bem formados. A copa é ampla, às vezes mais larga que alta, os galhos são pendentes, abundantes e com folhagens reduzidas. Os troncos geralmente

turtuosos, inclinados ou ligeiramente retos, com até 30 cm de diâmetro, córtice levemente suberoso e enrugado, com caule rugoso e àspero, possuindo de duas a três bifurcações na altura média de 40 a 50 cm de base. As folhas são uniformemente espaçadas, glabras e coriáceas com lâmina oblonga, elípticas lanceoladas ou oblongo-lanceoladas nas duas extremidades. Possuem de 3,5 a 10,0 cm de comprimento e de 1,5 a 5,0 cm de largura, sempre glabras nas duas páginas, oliváceo-enegrescentes na face ventral, mais descoradas na dorsal, com pecíolo de 9 a 12 mm, axilar, fino, glabro e biglanduloso (LEDERMAN et al., 2000; VILLACHICA et al., 1996). A sua inflorescência possui de 1 a 7 flores e de coloração branca (SOARES et al., 2000).

A mangabeira é uma planta perenifólia que vegeta bem em regiões com temperatura média de 25 °C, precipitação pluvial de 750 a 1600 mm anuais e, em altitude até 1.500 m. Tem boa tolerância a períodos de déficit hídrico e apresenta um melhor desenvolvimento vegetativo nas épocas de temperatura alta e baixa umidade relativa do ar. O desenvolvimento espontâneo da mangabeira é comum em Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas), que são solos caracterizados pelo baixo teor de matéria orgânica, acidez elevada e baixa disponibilidade de nutrientes e bases trocáveis (FERREIRA, 2007).

A planta se adapta bem ao clima tropical, tendo preferência pelos terrenos não férteis, tabuleiros arenosos e secos. Os aspectos edafoclimáticos descritos propiciam um ambiente menos favorecido à ocorrência de pragas e doenças, não afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas, assim tornando os frutos menos dependentes dos efeitos danosos dos agrotóxicos (FERREIRA, 2007).

Apresenta, normalmente, na região dos cerrados, floração durante o período de agosto a novembro com pico em outubro. Sua frutificação acontece entre outubro e dezembro e a colheita dos frutos inicia em novembro/dezembro, estendendo-se até maio/junho do ano seguinte (CARNELOSSI et al., 2004).

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

3.3 Caracterização do fruto

O nome “mangaba” tem sua origem na língua tupi-guarani e significa “coisa boa de comer”. É, realmente, uma fruta saborosa e nutritiva muito apreciada e consumida pela população nas diversas formas de aproveitamento (FERREIRA, 2007). Segundo Silva Júnior (2004), algumas variantes do nome mangaba são também usadas no Brasil, como mangaíba, mangareíba, mangava, mangaúva e manguba.

O fruto é do tipo baga, de tamanho, forma e cores variados (Figura 2), geralmente elipsoidal ou arredondado, variando de 2,5 a 6,0 cm de diâmetro, exocarpo amarelado ou esverdeado com pigmentação ou sem pigmentação, polpa amarela, bastante suave, adocicada, carnosu-viscosa, ácida (GANGA et al., 2010; VENTURINI FILHO, 2010), contendo, em geral, de 2 a 15 ou até 30 sementes discoides, achatadas e com coloração castanho-claro, de 7 a 8 mm de diâmetro (LEDERMAN et al., 2000).

Figura 2 - Frutos da mangabeira.



Em geral, segundo Narain (1990), o fruto de mangabeira é constituído por cerca de 77% de polpa, 12% de semente e 11% de casca. Porém, esses valores podem sofrer variações em função da planta matriz e a região de origem, como foi constatado por Aguiar Filho, Bosco e Araújo (1998), ao observarem que frutos provenientes do Nordeste apresentaram médias de 86,5% de polpa, 9,0% de semente e 4,5% de casca. Em outro estudo, Souza et al. (2007) avaliaram frutos de 6 diferentes clones de mangabeiras plantadas em João Pessoa (PB) e reportaram valores médios de 25,74 g de massa total, 3,83 cm de comprimento, 3,47 cm de diâmetro e um rendimento da fração comestível (casca e polpa) de 85%.

A mangaba, bastante apreciada devido ao aroma e sabor característicos, é consumida *in natura* ou processada, na forma de polpa, sucos, coquetéis, doces em calda, geleias, sorvetes, licores, vinhos e xaropes (FERREIRA, 2007).

Segundo Souza (2004), a utilização da mangaba para a elaboração da geleia é favorecida pela excelente acidez que o fruto contém, enquanto o seu potencial para a fabricação de sorvete é devido ao seu alto conteúdo de gomas, conferindo-lhe propriedades funcionais de agregação, retenção de sabor e inibição na formação de cristais.

A mangaba apresenta um alto valor nutricional, sendo considerada uma boa fonte de fibras, ferro, potássio e vitamina C. Os teores de vitamina C, de ferro e potássio encontrados nesse fruto são superiores aos da maioria das espécies frutíferas citados como referência com relação a esses nutrientes (LIMA et al., 2015b). Segundo Aguiar Filho, Bosco e Araújo (1998), o ferro em associação a vitamina C, ou ácido ascórbico, torna-se importante na composição da fruta, visto que a vitamina C aumenta a biodisponibilidade de ferro, aumentando a absorção de ferro pelo organismo.

Em relação aos lipídios, os frutos da mangabeira possuem teores que variam de 0,3 a 1,5%, e que são ricos em ácido palmítico (29%); oleico (12%), linoleico (18%) e linolênico (8%) (ALMEIDA; COSTA; SILVA, 2008). Os teores de lipídios reportados são inferiores aos observados por Lima et al. (2015b) que relataram valores médios de 2,29%, considerados como normais em muitos frutos, como por exemplo, amora silvestre, morango e framboesas vermelhas.

O valor energético, em cada 100 g de fruta, é de 43 calorias e os altos teores de sólidos solúveis totais, associados à elevada acidez, além do paladar exótico, conferem à mangaba um sabor muito apreciado pelos consumidores (SOARES et al., 2000). Na mangaba, estão também presentes e em quantidades elevadas, compostos fenólicos que estão associados ao potencial antioxidante e à prevenção de doenças crônico-degenerativas (LIMA et al., 2015b).

3.4 O processamento dos frutos

As frutas do Cerrado, devido aos seus atributos nutricionais, funcionais e sensoriais, apresentam grande potencial como fonte econômica crescente, e de boa aceitação, o que as torna uma excelente alternativa para muitos agricultores e outros setores (indústria e comércio). Entretanto, a maioria das espécies frutíferas do cerrado é de ocorrência sazonal e tem sua exploração baseada quase que exclusivamente no

extrativismo nas áreas de ocorrência natural (NOGUEIRA; NASCIMENTO JUNIOR; BASTOS, 2009).

O uso de tecnologias de conservação que permitem o aproveitamento integral dos frutos, como é o caso do processamento de geleia, pode ser um fator diferencial para conquistar novos consumidores (DAMIANI, 2009; NOGUEIRA; NASCIMENTO JUNIOR; BASTOS, 2009). Além disso, os frutos constituem matérias-primas muito perecíveis, devendo ser utilizadas ou processadas logo após a colheita; sua industrialização contribui para o aumento da vida útil e agregação de valores (DAMIANI, 2009).

Segundo Brech et al. (2008), o processamento de alimentos objetiva reduzir a carga microbiana e as alterações químicas capazes de afetar negativamente a sua qualidade. No entanto, o processamento pode levar à redução de nutrientes essenciais e algumas vitaminas hidrossolúveis, como vitaminas C, e ácido fólico, que são sensíveis ao calor (BURRI et al., 2009).

O processamento pode ter uma influência negativa ou positiva na estabilidade de compostos bioativos (AABY et al., 2007; TIWARI; CUMMINS, 2013). O calor pode resultar na oxidação, degradação, lixiviação e outros eventos que contribuem para a redução dos níveis de antioxidantes em alimentos processados quando comparados com os frescos. Isso é particularmente notado no caso de vitamina C e antioxidantes fenólicos. No entanto, para o caso de carotenoides, o processamento pode levar à dissociação de antioxidantes dos componentes da matriz alimentar, aumentando desse modo a sua capacidade antioxidante (KALT, 2005).

Durante o processo, diversos tipos de reações oxidativas ocorrem e os elétrons são removidos dos átomos/ moléculas levando à formação de espécies oxidadas que vão causar o escurecimento, perdas ou alterações na cor, aroma, mudanças na textura, e conseqüente perda de valor nutricional do produto, devido à destruição de algumas vitaminas e alguns ácidos graxos (DZIEZAK, 1986).

Alguns estudos reportaram uma redução dos níveis de compostos bioativos tais como antocianinas, ácido ascórbico e carotenoides durante a pasteurização de sucos de caju e abacaxi (ARAMWIT; BANG; SRICHANA; 2010; RATTANATHANALERK; CHIEWCHAN; SRICHUMPOUNG, 2009; RAWSON et al., 2011).

3.5 Geleias

A transformação de frutas em produtos como a geleia possibilita absorver grande parte da colheita, favorecendo o consumo de frutas durante o ano todo e a redução de perdas de alimentos. As geleias podem ser consideradas produtos de importância comercial para indústria brasileira de conservas, por possuírem maior tempo de comercialização e boa aceitação comercial (CARNEIRO et al., 2012).

Segundo as normas técnicas relativas a alimentos, patentes na Resolução CNNPA nº 12/1978 do Ministério da Saúde, regulamentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), revogada pela Resolução RDC nº 272/2005, geleia é o produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até atingir a consistência gelatinosa (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2005).

O produto deve ser preparado de frutas sãs, limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitos, de detritos, de animais ou vegetais, e de fermentação. Poderá ser adicionado de glicose ou açúcar invertido, mas não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal. Deve estar isento de pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo do produto. Não pode ser colorido e nem aromatizado artificialmente. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no teor natural de pectina ou de acidez da fruta (ANVISA, 2005).

Uma combinação adequada desses componentes, tanto na qualidade como na ordem de colocação durante o processamento, deve ser respeitada para obter uma maior qualidade de geleia (ALBUQUERQUE; NACCO; FARO, 1996).

A geleia deve apresentar-se sob o aspecto de base gelatinosa, de consistência tal, que quando extraída de seus recipientes, seja capaz de se manter no estado semissólido. Deve ser transparente, apresentar elasticidade ao toque, retornando à sua forma inicial após ligeira pressão. A cor e o cheiro devem ser próprios da fruta de origem, assim como o sabor deve ser doce e semiácido; deve ter, no máximo, 38% p/p de umidade, mínimo de 62% p/p de sólidos solúveis totais e o máximo de 2% p/p de pectina adicionada, sendo que a calda deve ser concentrada até 67,5 °Brix, suficiente para que ocorra a geleificação durante o resfriamento (ANVISA, 2005).

Quanto aos tipos de geleia, a legislação vigente (ANVISA, 2005), classifica a geleia em comum e extra. A geleia comum é aquela que recebe 40 partes de frutas frescas, ou equivalentes, por 60 partes de açúcar e, a definida como extra, recebe a quantidade de 50 partes de frutas frescas, ou equivalentes, para 50 partes de açúcar. As geleias de frutas com grande teor de acidez podem ser preparadas com 35 partes de frutas (ou seu equivalente à fruta fresca) com 65 partes de açúcar.

Quanto às características microbiológicas, de acordo com a RDC n° 12 de janeiro de 2001, as geleias de frutas devem obedecer ao seguinte padrão: coliformes a 45°C máximo de 10^2 .g⁻¹ para amostra indicativa; *Salmonella* sp: ausência em 25g; fungos e leveduras: máximo, 10^4 .g⁻¹. Devem, ainda, apresentar ausência de sujidades, parasitos e larvas (ANVISA, 2001).

A presença de açúcares redutores na elaboração de geleias é imprescindível tendo em vista que esses contribuem para a formação do gel da pectina, impedindo a cristalização da sacarose; conferem um aspecto mais brilhante e promovem o aumento da pressão osmótica do meio, criando condições desfavoráveis para o crescimento e reprodução da maioria dos microrganismos, a partir da diminuição da atividade de água (BARCELOS; FERRUA, 2003; JACKIX, 1988).

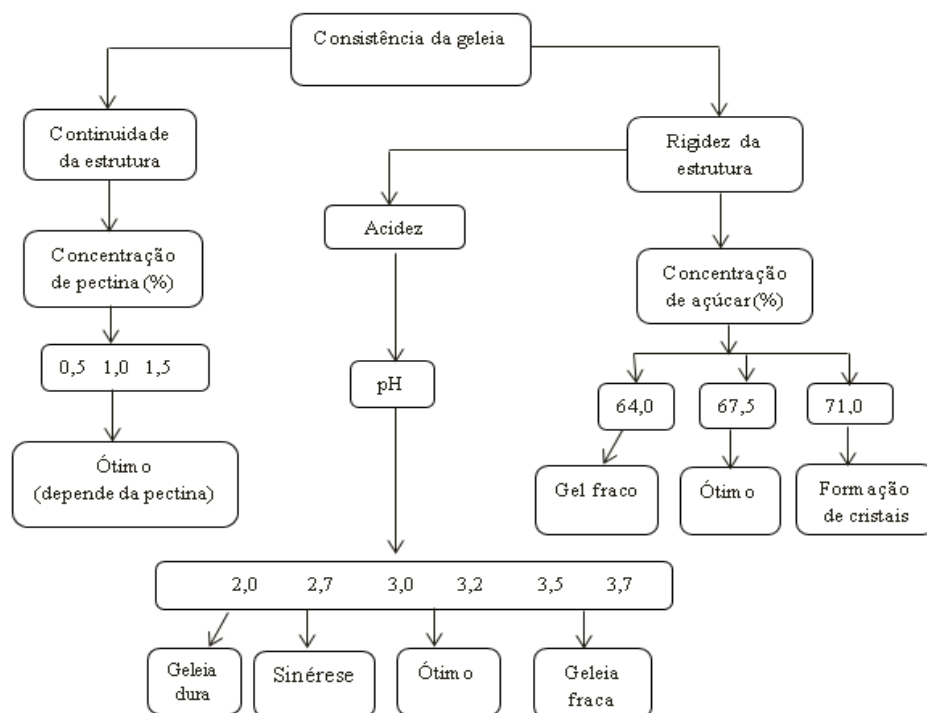
As geleias, no geral, devem apresentar teor de sólidos solúveis em torno de 65% (ALBUQUERQUE; NACCO; FARO, 1996), pH entre 3 e 4 (REIS, 1982), acidez entre 0,3% e 0,8% (JACKIX, 1988), açúcares totais em torno de 60% (FONSECA, 1999). De acordo com Silva (2008), em frutas pouco ácidas o emprego de ácidos orgânicos permitidos pela legislação brasileira torna-se necessário.

As geleias são comumente usadas para acompanhar o pão, bolacha e derivados, ou empregadas em recheio de bolo e artigos de confeitaria. Em outros países, principalmente os europeus, assumem papel de destaque (MÉLO; LIMA; NASCIMENTO, 1999). A elaboração de geleia implica no controle de tempo de cozimento e temperatura e uma concentração de açúcar suficiente para ocorrer a geleificação sem comprometer o sabor, a cor e a textura. O tempo de cozimento é de 10 a 35 minutos à temperatura de 120 °C, aproximadamente.

3.5.1 Descrição dos constituintes da geleia

São considerados constituintes básicos na elaboração de uma geleia: frutas, açúcar, pectina e ácido. Uma combinação adequada entre eles, seja na quantidade ou na ordem de colocação durante o processamento, definirá a qualidade de uma geleia (SOLER, 1991) (Figura 3).

Figura 3 - Diagrama de Rauch para consistência das geleias em função de seus constituintes básicos.



Fonte: Rauch (1978).

3.5.1.1 Frutas

As frutas destinadas à fabricação de geleias devem se encontrar em seu estágio de maturação ótimo, quando apresentam seu melhor sabor, cor, aroma e elevados teores de açúcar e pectina. Frutas levemente verdes, entretanto, têm maior rendimento de pectina que as demasiadamente maduras, porque, à medida que a fruta amadurece, a pectina decompõe-se em ácido péctico, não formando gel (JACKIX, 1988; SOUZA; BRAGANÇA, 2000).

As frutas muito verdes por outro lado, além de apresentarem deficiência na qualidade, podem desenvolver cor castanha no produto final e as muito maduras, além

de sofrerem perdas de pectinas por ação de enzimas pectinolíticas, são mais susceptíveis a contaminação por fungos e leveduras (SOLER, 1995).

Segundo Jackix (1988), frutas ricas em pectina e ácido, são as mais indicadas para a elaboração de geleias. As frutas deficientes em pectina e/ou ácido necessitam, normalmente, de complementação ácido e/ou pectina comercial.

As frutas como ingredientes de geleia possuem poder adoçante, acidificante, conservante, corante e flavorizante; oferecem uma imagem saudável e combinam açúcares naturais, fibras, vitaminas e minerais (MASMOUDI et al., 2008). Na produção de geleias podem ser usados frutos *in natura* ou polpas de frutas congeladas durante a safra, garantindo, assim, a disponibilidade desse produto para o consumo durante o ano todo (FREITAS; CÂNDIDO; SILVA, 2008).

3.5.1.2 Açúcar

O açúcar é um dos constituintes principais utilizados na elaboração de geleias junto à pectina e o ácido. Quando usado em proporções determinadas, contribui para a formação do gel com teor de sólidos solúveis variando de 64 a 71°Brix; não obstante, é importante controlar o teor de sólidos solúveis para se evitar problemas de pré-geleificação que por sua vez irá enfraquecer o gel (MORAIS, 2000; SIGUEMOTO, 1993).

O tipo de açúcar apresenta importância na elaboração de geleias. Geralmente, o açúcar empregado com maior frequência é a sacarose que durante a cocção, sofre em meio ácido, um processo de inversão que a transforma parcialmente em glicose e frutose (açúcar invertido), o que evita a cristalização que pode ocorrer durante o período de armazenamento. A baixa inversão da sacarose poderá provocar a cristalização, enquanto a alta inversão poderá resultar numa granulação de dextrose (glucose) no gel. Geralmente é difícil o controle dessa relação por causa da variação da acidez das frutas, das condições de cozimento, etc. Em concentradores a vácuo ocorre

pouca inversão da sacarose e, por isso, deve adicionar-se açúcar invertido (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A adição de açúcar afeta o equilíbrio pectina/água, desestabilizando conglomerados de pectina e formando uma rede de fibras, que compõem o gel, cuja estrutura é capaz de suportar líquidos. A densidade e a continuidade dessa rede são afetadas pelo teor de pectina. A rigidez da estrutura é afetada pela concentração do açúcar e acidez (JACKIX, 1988).

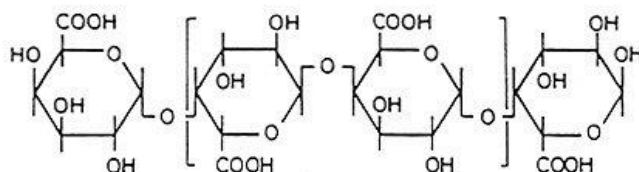
A presença do açúcar, além de ser imprescindível na formação do gel de pectina, promove o aumento da pressão osmótica do meio, criando condições desfavoráveis para o crescimento e reprodução da maioria dos microrganismos, a partir da diminuição da atividade de água (A_w) contribuindo desse modo, para o aumento da vida útil e melhoria nas características sensoriais da geleia (BARCELOS; FERRUA, 2003; EVANGELISTA, 2005).

3.5.1.3 Pectina

Entre os polissacarídeos que as paredes celulares de plantas superiores apresentam, as substâncias pécticas são as mais complexas no que se refere à organização estrutural e funcionalidade. As substâncias pécticas consistem em todos os materiais que contêm ácidos poligalacturônicos em sua composição estrutural, sendo classificadas em: protopectina, ácidos pécticos, ácidos pectínicos e pectinas (YAPO, 2011).

As pectinas são polímeros solúveis em água, compostos por cadeias lineares de ácido D-galacturônico em ligação α -(1,4), interrompidas às vezes por resíduos de L-ramnose em ligação α -(1,2) e com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados (Figura 4) (PAIVA; LIMA, 2009; YAPO, 2011).

Figura 4 - Estrutura química do ácido poligalacturônico.



Fonte: Martinez et al. (2011)

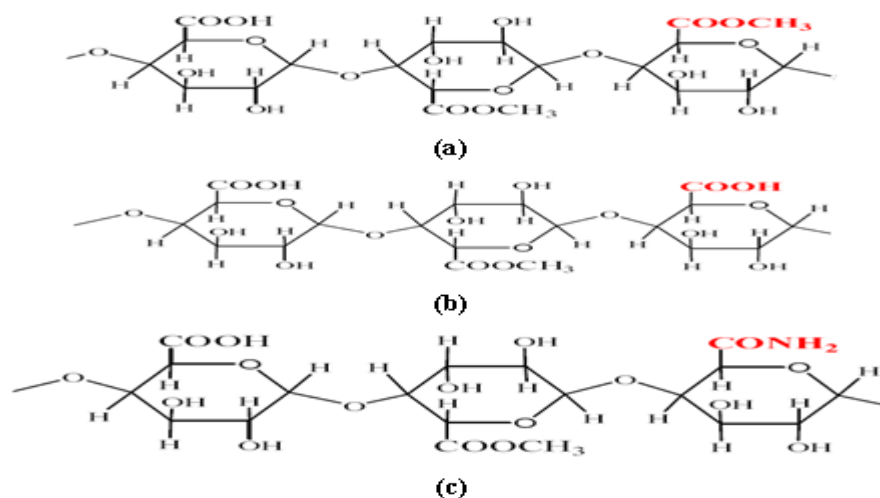
As pectinas encontram-se naturalmente associadas com a celulose, hemicelulose e lignina, que auxiliam na adesão entre as células, contribuindo dessa maneira para a firmeza, resistência mecânica e coesividade dos tecidos (LIMA et al., 2010).

O processo de extração industrial da pectina é principalmente derivado de frutas cítricas. A pectina é usada como agente geleificante, espessante e emulsificante com uma ampla aplicação em produtos alimentícios e até mesmo em produtos farmacêuticos (KAYAL et al., 2014).

A proporção entre o número de grupos ácidos esterificados em relação ao número total dos grupos ácidos define o grau de esterificação (DE) ou grau de metoxilação (DM) de uma pectina. O grau de esterificação influencia fortemente os parâmetros de tempo e temperatura para a formação do gel (EL-NAWAWI; HEIKEL, 1997).

Do ponto de vista comercial, as pectinas são classificadas em pectinas de baixo teor de grupos metoxílicos (BTM), quando somente 50%, ou menos, encontraram-se esterificados e, pectinas de alto teor de grupos metoxílicos (ATM), quando contêm acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados. Entre as pectinas de baixo teor de grupos metoxílicos, encontram-se também as amidadas, que contêm o grupo amida com grau de metoxilação na faixa de 10% a 25% (Figura 5) (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Figura 5 - Estruturas das pectinas de (a) alto teor de metoxilação (b) baixo teor de metoxilação e (c) pectina amidada.



Fonte: Licodiedoff (2008)

A temperatura, na qual começa a se formar o gel durante o processo de resfriamento, depende diretamente do grau de esterificação da pectina. Segundo Soler (1991), conforme a temperatura e a velocidade de geleificação, as pectinas classificam-se em três grupos:

- a) pectina de geleificação lenta: grau de esterificação 60% - 65%;
temperatura de formação do gel 45 °C a 60 °C;
- b) pectina de geleificação média: grau de esterificação 66% - 70%,
temperatura de formação do gel 55 °C – 75 °C;
- c) pectina de geleificação rápida: grau de esterificação 70% - 76%,
temperatura de formação do gel 75 °C- 85 °C.

Cada um desses tipos de pectina corresponde a um intervalo ótimo de pH para sua melhor atuação, que oscila geralmente entre 2,8 e 4,2.

As pectinas de alta metoxilação têm diferentes aplicações. As de geleificação rápida são utilizadas em produtos que incluem pedaços de frutas ou tiras de casca. As

de geleificação lenta são aplicadas em geleias normais e naquelas envasadas em grandes recipientes, obtendo-se géis homogêneos, evitando-se geleificações prematuras, que dificultam o enchimento das embalagens. As pectinas de baixa metoxilação são bastante utilizadas em produtos dietéticos por requererem baixos teores de açúcares (THAKUR; SINGH; HANDA, 1997).

A adição de pectina representa uma etapa muito importante no processamento de geleias, pois é necessário dissolver toda a pectina no material a ser processado, a fim de obter o efeito desejado e aproveitar toda a sua capacidade geleificante. Normalmente, a quantidade de pectina a ser adicionada é calculada em relação à quantidade de açúcar usado na formulação; em geral a geleia acabada deve conter de 0,5% a 1,5% em massa de pectina (LICODIEDOFF, 2008).

3.5.1.4 Ácido

Semelhante à pectina e ao açúcar, o ácido é também um constituinte importante para a formação do gel. A adição de acidulantes tem por objetivo baixar o pH, para se obter geleificação adequada e realçar o aroma natural da fruta, além de criar condições desfavoráveis para o desenvolvimento de microrganismos (FERREIRA et al., 2004).

Quando o ácido não está presente na fruta a ser utilizada ou está em quantidades insuficientes, torna-se necessária sua adição obedecendo aos limites permitidos pela legislação vigente.

O ácido enrijece as fibrilas da rede, conferindo elasticidade e capacidade de manter a estrutura, porém, uma acidez alta afeta a elasticidade, por causa da hidrólise da pectina. Portanto, a consistência da geleia é consequência de dois fatores, a continuidade, ligada à concentração de pectina, e a rigidez, diretamente relacionada à concentração de açúcar e ácido. A concentração ótima de açúcar está ao redor de

67,5%, podendo ser reduzida quando se utiliza altos teores de pectina e ácido (JACKIX, 1998; TORREZAN, 1997).

De acordo com Soler (1991), o ácido mais usado devido ao seu sabor agradável é o cítrico. O ácido tartárico tem um sabor ácido menos detectável; possui a vantagem de que, quando utilizado nas mesmas quantidades do cítrico, dá valores de pH muito mais baixos. Entretanto, o ácido tartárico não é recomendado em geleias de uva e de maçã, pois essas frutas possuem, naturalmente, esse ácido e, por isso, tartarato ácido de potássio poderá cristalizar-se na geleia, se a concentração de tartarato aumentar muito.

Quanto ao ácido málico, ele confere praticamente o mesmo efeito que o cítrico em pH e sabor, mas seu sabor ácido é menos intenso, porém mais persistente. Já o ácido láctico, embora dê a mesma redução de pH que o ácido cítrico, tem menor sabor acidulante, quando a mesma quantidade é empregada (SOLER, 1991).

Segundo Jackix (1988), em geleias convencionais, o valor do pH deve estar situado entre 3,0 e 3,4. Em valores de pH inferiores, a geleificação não ocorre, pois, o excesso de ácido enfraquece as fibrilas da rede. Ainda de acordo com o mesmo autor, a acidez titulável da geleia expressa em porcentagem de ácido cítrico deve estar a, aproximadamente, 0,5% a 0,8%, pois, acima de 1% ocorre sinérese, ou seja, exsudação do líquido da geleia.

A adição do ácido é recomendada no final do processo, se possível, porque a pectina em meio ácido e sob aquecimento, sofre hidrólise perdendo totalmente o poder geleificante (JACKIX, 1988).

3.6 Embalagem e armazenamento

A preservação das características originais dos alimentos, pelo maior tempo, após o processamento, é um dos grandes objetivos da indústria de alimentos. No entanto, os alimentos, industrializados ou não, mantêm-se em constante atividade

metabólica, manifestada por alterações de natureza química, física, microbiológica ou enzimática, que levam à deterioração da qualidade durante o seu armazenamento (SARANTÓPULOS et al., 2001).

Segundo Battey et al. (2002), alimentos como compotas, geleias, doces e sucos, são normalmente preservados pela combinação de barreiras como tratamento térmico e uso de preservativos, mas mesmo assim, sofrem uma série de transformações ao longo do tempo. Os mesmos autores sugerem ainda que, as condições de armazenamento tais como embalagem, umidade relativa, temperatura e tempo de estocagem, determinam a velocidade das alterações dos componentes do produto, como mudança na textura (amolecimento ou enrijecimento do gel), sinérese, variações na coloração, na atividade de água, na acidez e no pH, alterando desse modo, a qualidade do produto final e afetando a sua estabilidade.

Entre esses fatores, a embalagem é considerada fundamental na manutenção da qualidade de alimentos. A principal finalidade da embalagem é proteger os alimentos contra qualquer tipo de deterioração, seja de natureza química, física ou biológica, desde o seu acondicionamento até o seu consumo final, assegurando a manutenção de suas próprias características por um período de tempo relativamente longo, após o seu processamento (SMITH; ZAGORY; RAMASWAMY, 2005).

A interação do produto com a embalagem pode ocasionar mudanças nos atributos sensoriais e resultar em sabores desagradáveis, além da possibilidade de poder ocorrer a migração de substâncias tóxicas ao produto acondicionado. Diante disso, o vidro vem sendo reconhecido como um dos materiais que sintetiza todas as qualidades requeridas em um alimento (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

A embalagem de vidro por ser totalmente inerte, não permite a difusão de gases e líquidos através das paredes, resiste tanto a pressões internas como externas, não permitindo desse modo a sua interação com o alimento durante o armazenamento, além de ser 100% reciclável. Apresenta desvantagens como fragilidade à quebra e pouca resistência a mudanças bruscas de temperatura. A embalagem de vidro

transparente, além das desvantagens apontadas, permite a passagem da luz e consequentes alterações químicas (UCHIMURA, 2007).

3.7 Avaliação da qualidade da geleia com base em análises físico-químicas

A qualidade de um alimento envolve atributos nutricionais, sensoriais e a sua segurança, embora hodiernamente o apelo funcional possa ser inserido no conceito de qualidade. A seguir serão discutidas variáveis analíticas passíveis de serem associadas com a qualidade de geleia.

3.7.1 Composição centesimal

De acordo com a Ingestão Diária Recomendada (RDI), para o consumo equilibrado dos nutrientes, são necessários os dados de composição centesimal de alimentos que são usados em inúmeros casos, como avaliação nutricional e controle de qualidade dos alimentos, desenvolvimento de novos produtos, avaliação do suprimento e o consumo alimentar de um país, elaboração de dietas para indivíduos, avaliação do estado geral de saúde de uma população, avaliação da correlação entre o estado de saúde e a incidência de determinadas doenças, planejamento governamental, a fim de que uma política agropecuária seja estabelecida, bem como, para pesquisas e desenvolvimento de indústrias na área de alimentos (LAJOLO, 1995; LAJOLO; VANUCCHI, 1987; TORRES et al., 2000).

A composição centesimal corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100g de um alimento, exprimindo de forma geral o seu valor nutritivo. Os grupos homogêneos de substâncias dizem respeito àqueles compostos que se encontram em praticamente todos os alimentos como umidade, lipídeos ou extrato etéreo, proteína bruta, fibra bruta, cinzas ou resíduo mineral fixo e fracção glicídica ou extrato não nitrogenado (VILAS BOAS, 2014a).

Na determinação da composição centesimal dos alimentos, o método de Weende é comumente utilizado, com algumas alterações (VILAS BOAS, 2014b). A determinação de umidade é de grande importância, pois a água exerce influência acentuada em várias características dos alimentos tais como, aparência, sabor, aroma, estrutura e, permite o desenvolvimento de microrganismos que podem comprometer a segurança do alimento (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

A fração extrato etéreo é constituída principalmente de lipídeos e outros constituintes lipossolúveis como vitaminas e pigmentos (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Os lipídeos são substâncias insolúveis em água, mas solúveis em éter, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos chamados de extratores.

O termo proteína bruta envolve um grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas muito diferentes. Baseando-se no fato das proteínas apresentarem porcentagem de nitrogênio quase constante, em torno de 16%, o que se faz é determinar o nitrogênio presente nesta e, por meio de um fator de conversão, transformar o resultado em proteína bruta (SILVA; QUEIROZ, 2004).

A determinação da cinza fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. O teor de cinza pode permitir uma estimativa dos teores de cálcio e fósforo do alimento analisado, quando se trata de certos produtos como farinha de ossos e produtos de origem marinha (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

As fibras são constituídas por uma associação de polímeros de alto peso molecular, compreendendo dois grupos químicos, um com estrutura de polissacarídeos vegetais como a celulose, a hemicelulose e as pectinas; e outro sem a referida estrutura, como a lignina, as gomas e mucilagens. A celulose e hemicelulose são encontradas tipicamente nos vegetais, variando em quantidade (FRANCO, 2003).

A fração glicídica, extrato não nitrogenado (ENN), constitui-se na porção glicídica do alimento, a exceção da fração fibra. Diz respeito à porção de carboidratos do alimento, passível de ser digerida e utilizada como fonte de energia pelos seres humanos (VILAS BOAS, 2014a, 2014b).

3.7.2 Atividade antioxidante

A interação dos organismos vivos com o meio ambiente visa à manutenção do equilíbrio interno que possibilite a sobrevivência, o crescimento e a reprodução. O oxigênio molecular (O_2) obtido da atmosfera, mesmo sendo vital aos seres aeróbios, pode, em nível intracelular, estimular a formação de espécies reativas ou radicais livres (BARBOSA et al., 2010; CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Os radicais livres são moléculas instáveis, geradas no organismo por reações de óxido-redução e, apresentam um número ímpar de elétrons na última camada eletrônica, o que lhes confere alta reatividade. Entre os radicais livres e demais espécies reativas, destacam-se o oxigênio singlete, o superóxido, o radical hidroxila, o peróxido de hidrogênio, o radical peroxila e o óxido nítrico (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007; WANG et al., 2011).

A geração de radicais livres produzidos naturalmente constitui, por excelência, um processo contínuo e fisiológico, cumprindo funções biológicas importantes, porém, a produção excessiva pode conduzir a danos oxidativos e comprometer a integridade celular de biomoléculas, o que pode levar a problemas de saúde crônicos, incluindo doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral, aterosclerose e certos tipos de câncer (BARBOSA et al., 2010; BLOCK; LANGSETH, 1994; FRANÇA et al., 2013).

As descobertas dos efeitos deletérios dos radicais livres sobre as células e sua relação com a ocorrência de doenças impulsionam a busca por novas substâncias

antioxidantes capazes de prevenir ou minimizar os danos oxidativos às células (ALVES et al., 2010).

Biologicamente, antioxidantes podem ser definidos como sendo as substâncias que atuam contra o ataque de radicais livres, contribuindo desse modo, para a minimização de riscos contra a ocorrência de doenças (PRIOR; CAO, 1999).

Quimicamente, antioxidantes são agentes redutores que doam elétrons e provocam a redução de uma substância. Antioxidantes também poder ser definidos como quaisquer substâncias, que quando presentes em quantidades menores, quando comparados com o substrato, previnem contra a oxidação do substrato (PRIOR; CAO, 1999).

Os antioxidantes desempenham papel crucial tanto nas reações de escurecimento não enzimático quanto nas reações de escurecimento enzimático e ajudam na prevenção de oxidação lipídica em alimentos; são agrupados em duas categorias, a saber, sintéticos e naturais.

Do grupo dos sintéticos os mais comuns são: o butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroquinona (TBHQ), butil hidroxianisol (BHA). Já os naturais, incluem as vitaminas A, C e E, bem como numerosos compostos não nutricionais, tais como polifenóis, flavonoides e carotenoides (ARAUJO, 2011; RICER-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996).

A capacidade antioxidante dos componentes bioativos presentes nas frutas depende de sua estrutura química e da concentração desses fitoquímicos no alimento, cujo teor é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, grau de maturação, variedade da planta, entre outros (MELLO et al., 2009).

Diversos métodos têm sido usados para a avaliação e comparação da capacidade antioxidante de frutos, dependendo da complexidade do substrato analisado (KAUR; KAPOOR, 2001; SZABO et al., 2007).

A capacidade antioxidante é principalmente avaliada por meio de testes químicos e, recentemente, tem sido por meio de testes celulares. A atividade

antioxidante usando métodos químicos é basicamente realizada por meio de dois métodos: transferência de átomo de hidrogênio e transferência de elétrons (BADARINATH et al., 2010; PRIOR et al., 2003).

Entre os métodos de transferência de átomos de hidrogênio comumente usados, destacam-se: capacidade de inibição da peroxidação lipídica (ORAC), potencial antioxidante total (TRAP) e sequestro de radical livre (ABTS); os métodos de transferência de elétrons incluem os seguintes: sequestro de radical livre (DPPH), capacidade antioxidante equivalente a trolox (TEAC) e o poder antioxidante de redução do ferro (FRAP) (BADARINATH et al., 2010).

3.7.3 Compostos fenólicos

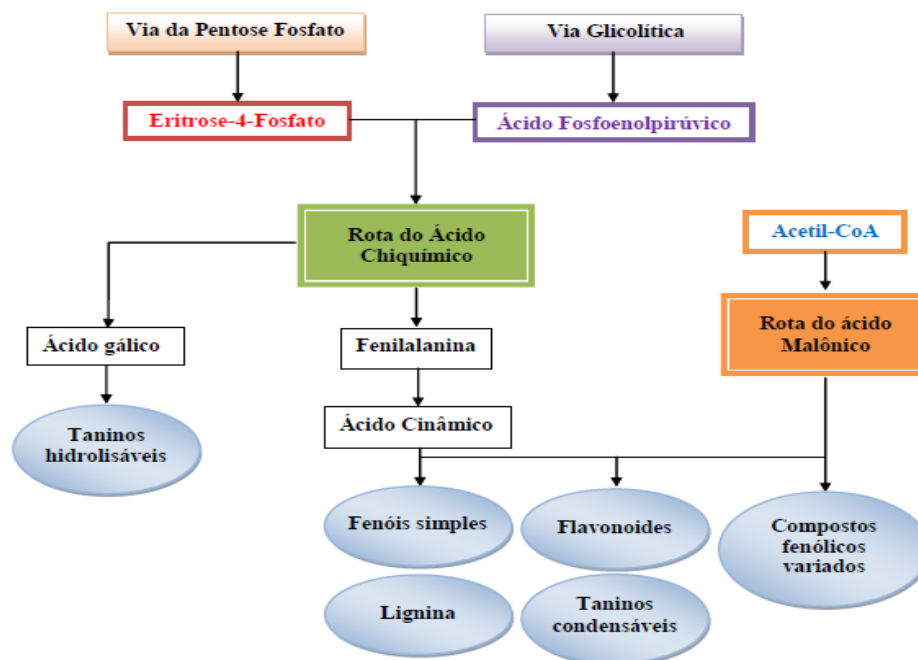
Os compostos fenólicos são um grupo de substâncias classificadas como metabólitos secundários, largamente distribuídos nas plantas, caracterizados por possuírem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxílicos, podendo englobar moléculas simples e até estruturas com alto grau de polimerização (FINCO et al., 2012; SOARES et al., 2008). A maioria não é encontrada no estado livre na natureza, mas sob a forma de ésteres ou heterosídeos (MONTEIRO et al., 2005).

Os compostos fenólicos são sintetizados durante o desenvolvimento normal das plantas, bem como em resposta a condições de estresse, tais como, radiação ultravioleta, ataque por microrganismos, lesões, entre outros fatores. Podem ser associados com as propriedades funcionais e atributos sensoriais tais como cor, sabor, aroma e, também estão envolvidos na adstringência e gosto amargo de alguns alimentos (BADARINATH et al., 2010; NACZK; SHAHIDI, 2004).

O teor de compostos fenólicos presente nos frutos está relacionado diretamente com o estágio de maturação, variedade, clima, composição do solo, localização geográfica, condições de armazenamento, entre outros fatores (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009).

A biossíntese dos compostos fenólicos nas plantas é derivada de duas rotas básicas: a rota do ácido chiquímico que participa na biossíntese da maioria dos fenóis vegetais e a do ácido malônico, que é menos significativa nas plantas superiores (Figura 6) (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Figura 6 - Esquema simplificado de biossíntese de compostos fenólicos.



Fonte: Taiz e Zeiger (2009)

A rota do ácido chiquímico converte os precursores de carboidratos derivados da via glicolítica e a da rota das pentoses fosfato em aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano). Um dos intermediários dessa rota é o ácido chiquímico, que dá o nome a essa sequência de reações, sendo que a classe mais abundante de compostos fenólicos secundários, derivada da fenilalanina, aminoácido-chave catalisado pela enzima fenilalanina amonialiase (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Os compostos fenólicos encontrados nos frutos são classificados, de acordo com o número de anéis aromáticos em: flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos, ligninas e taninos. Todas essas substâncias possuem um ou mais grupos hidroxílicos diretamente ligados ao anel aromático característico, assim como da respectiva estrutura (VERMERRIS; NICHOLSON, 2006).

Os flavonoides constituem o principal grupo de compostos bioativos encontrados em frutos e estão distribuídos em 6 subclasses: isoflavonas, flavonóis, flavonas, flavononas, flavonóis antocianinas e antocianidinas. Os flavonoides quando estão ligados a uma ou mais moléculas de açúcar são chamados de flavonoides glicosídicos, e quando não estão ligados a nenhuma molécula de açúcar são chamados de agliconas. O grau de glicosilação afeta diretamente a capacidade antioxidante dos flavonoides (WILLIAMSON, 2004).

Os ácidos fenólicos dividem-se em dois subgrupos: derivados dos ácidos hidroxicinâmico e hidroxibenzoico. Os compostos derivados do ácido hidroxicinâmico (C6-C3), incluem os ácidos ferúlico, p-cumaríco e cafeíco; os derivados de ácido hidroxibenzóico (C6-C1) são encontrados em muitos frutos e na sua maioria ocorrem em forma de ésteres. Os compostos mais comuns encontrados nessa categoria são os ácidos gálico, vanílico, elágico e siríngico (HAMINIUK et al., 2012).

Os taninos são a classe de polifenóis também encontrados em frutos e sua maior presença é em forma de polímeros. São substâncias responsáveis pela sensação de adstringência nos alimentos e, têm habilidade de precipitar proteínas. São classificados em taninos hidrolisáveis e condensados (SCHOFIELD; MBUGUA; PELL, 2001; SOARES, 2002).

Entre os taninos hidrolisáveis, o ácido tânico é o mais comum nos frutos, enquanto os taninos condensados, também chamados de proantocianidinas são os mais encontrados em uvas. As proantocianidinas quando em contacto com proteínas da saliva, são responsáveis pela adstringência dos frutos (EL

GHARRAS, 2009). O estilbenos são um grupo de derivados fenilpropanoides caracterizados por possuírem ligação (C6-C2-C6) (GOYAL et al., 2012).

Na planta, a maioria dos estilbenos atua como fitoalexinas, compostos que são sintetizados em resposta a uma infecção fúngica ou injúria mecânica. O composto mais estudado neste grupo é o resveratrol, devido à sua grande capacidade antioxidante (ATANACKOVIC et al., 2012).

Nas últimas décadas, o consumo de frutas e hortaliças tem atraído crescente interesse por parte dos consumidores porque diversos estudos epidemiológicos e bioquímicos têm consistentemente demonstrado uma clara e significativa associação positiva entre a ingestão desses alimentos naturais com a redução de incidência de algumas doenças crônicas não transmissíveis, tais como certos tipos de câncer, diabetes, obesidade, entre outras. O efeito positivo dos frutos e hortaliças na redução dessas doenças tem sido atribuído à presença de diversos antioxidantes naturais, principalmente as vitaminas antioxidantes tais como ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E) e β -caroteno (provitamina A). Entretanto, estudos recentes sugerem que os compostos polifenólicos são as principais substâncias bioativas encontradas nas plantas superiores, com propriedades antioxidantes (MAGALHÃES et al., 2009; RODRÍGUEZ-MEDINA; SEGURA-CARRETERO; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, 2009).

Os frutos das espécies nativas do cerrado brasileiro, como a mangaba, são considerados como tendo uma alta capacidade antioxidante devido à presença de teores elevados de compostos fenólicos (ASSUMPÇÃO et al., 2014; GOMES; RAMALHO; GUALBERTO, 2013; LIMA et al., 2015b).

Um estudo recente comprovou que a polpa de mangaba possui uma elevada ação antimutagênica, devido principalmente a presença de elevados teores de compostos fenólicos, como catequina, rutina, e os ácidos clorogênico, vanílico, o-cumárico, gálico e rosmarínico (LIMA et al., 2015a).

3.7.4 Vitamina C

A vitamina C ou, simplesmente ácido ascórbico, é uma substância hidrossolúvel e termolábil amplamente distribuída em produtos de origem vegetal. Cerca de 90% das necessidades de vitamina C do homem são satisfeitas pelo consumo de frutas e hortaliças. As frutas cítricas se destacam como sendo as melhores fontes, não só pelo elevado teor dessa vitamina (50 a 75 mg.100g⁻¹) como também pelo elevado consumo nas dietas no mundo inteiro (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ZHANG; HAMAUZU, 2004).

A vitamina C é um componente essencial na maioria dos tecidos, e na natureza, ocorre na forma reduzida (ácido L-ascórbico) ou oxidada (ácido dehidroascórbico), porém a forma oxidada é menos difundida nas substâncias naturais. Ambas as formas apresentam atividade vitamínica e a transformação do ácido ascórbico em ácido dehidroascórbico é reversível e acontece normalmente no interior das células, o que permite que uma de suas substâncias possa sempre ser transformada na outra. Essa capacidade de transformação funciona como um sistema oxiredutor capaz de transportar a molécula de hidrogênio nos processos de respiração, no interior da célula (ABREU; 2010; TAVARES et al., 2000; WELCH et al., 2003).

Entre suas diversas funções, a vitamina C atua na fase aquosa como um potencial agente antioxidante sobre os radicais livres. Sua atividade antioxidante envolve doação em sequência de dois elétrons e quando perde esses elétrons, a vitamina é oxidada levando a formação do radical livre ascorbato e outra substância reduzida, impedindo, assim, a oxidação da substância reduzida (PENTEADO, 2003; ROSA et al., 2007).

Ela é também capaz de diminuir a peroxidação lipídica. O teor de vitamina C em frutas e hortaliças pode variar dependendo da espécie, do estágio de maturação na época de colheita, de variações genotípicas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem e do processamento (SILVA; LOPES; VALENTE-MESQUITA, 2006).

Durante o processamento e estocagem de frutas e hortaliças, o ácido ascórbico é o nutriente mais afetado, por isso sua retenção tem sido usada frequentemente como um indicativo de qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos (ASHOOR; WOODROW; WELTY, 1984; FENNEMA, 1977).

3.7.5 Coloração

A coloração desempenha papel importante na aceitação de um produto alimentício e, representa normalmente o mais importante determinante da aparência em frutas e hortaliças, frescas ou processadas. A aparência constitui-se no primeiro atributo sensorial avaliado pelo consumidor no momento da aquisição de um alimento. Se o alimento é reprovado pela avaliação visual do consumidor, geralmente, outros atributos de qualidade, como o sabor e a textura, não são julgados, sendo, de imediato, rejeitado (VILAS BOAS; BATISTA, 2014).

Segundo Melchiades e Boschi (1999), representar a coloração por meio de números facilita a comunicação e a comparação entre cores, permitindo, assim, um tratamento qualitativo dessas diferenças. Os métodos disponíveis para medição da cor variam quanto à simetria da cor, espaço e sistemas de coordenadas usadas para definir os pontos no espaço e são baseados em técnicas instrumentais por espectrofotômetros para obter avaliações objetivas da cor por meio dos sistemas de cores (Munsell, Hunter, CIE, CIELab), definindo o espaço cromático em coordenadas retangulares (L^* , a^* , b^*). O parâmetro L^* representa o grau de luminosidade e varia entre 0 (preto) e 100 (branco), os parâmetros a^* e b^* representam a intensidade da cor, sendo que a^* varia de vermelho (positivo) ao verde (negativo) e b^* do amarelo (positivo) ao azul (negativo) (SANJINÉZ-ARGANDOÑA, 2005).

As coordenadas ângulo de tonalidade, hue ($^{\circ}h$) e a cromaticidade ou croma (C^*) são medidas derivadas de a^* e b^* . O ângulo de cor hue assume valor zero para a

cor vermelha, 90° para amarela, 180° para verde e 270° para azul. A cromaticidade ou croma indica a saturação em termos de pigmentos da cor, sendo que valores de croma próximos de zero representam cores neutras, enquanto que valores próximos de 60 representam cores vivas (MENDONÇA et al., 2003).

3.7.6 Reologia

A reologia é uma área de ciência dos alimentos que estuda o escoamento e deformação dos materiais. As determinações reológicas permitem que sejam fornecidas informações sobre como um determinado material se comporta quando submetido a forças externas (ALVES, 2003).

O conhecimento das propriedades reológicas de um alimento é importante para o controle de qualidade de um produto, dimensionamento de sistemas de tubulação, trocadores de calor, filtros, bombas, cálculos de engenharia de processos, determinação das propriedades de ingredientes e, também para o estabelecimento da correlação entre perfil de textura de um alimento e seus atributos sensoriais (CASTRO, 2004; DAK; VERMA; JAAFFREY, 2007; VASQUES, 2003).

Estudos têm estabelecido que as propriedades reológicas de geleia são principalmente afetadas pela quantidade de açúcar adicionado, proporção e tipo de agente geleificante, quantidade de polpa de fruta usada e temperatura do processo (ABDULLAH; CHENG, 2001; ACOSTA; VQUEZ; CUBERO, 2008; GAJAR; BADRIE, 2002).

A reologia envolve diferentes propriedades ligadas à deformação de um material, sendo que a principal é a viscosidade, que consiste na capacidade de um líquido resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento) (VRIESMANN, 2008). A viscosidade pode ser determinada por viscosímetros ou reômetros e, os resultados são usados para o controle de qualidade de um produto e para dar

indicações sobre o impacto de uma formulação específica de um produto num processo industrial (MÜLLER, 1973).

O comportamento dos fluidos é descrito pelos modelos reológicos, que relacionam tensão de cisalhamento com a taxa de deformação e, estes são divididos em newtonianos e não newtonianos. Os modelos newtonianos são caracterizados por uma relação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento aplicada, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido; sua viscosidade é invariável quando a temperatura é constante (HAMINIUK, 2007; SCHUMACHER, 2009). Já fluidos não newtonianos têm uma viscosidade que pode variar com a alteração da taxa de cisalhamento ou tensão de cisalhamento para formas diferentes de fluidos (CASTRO, 2007).

No geral, produtos derivados de frutas e hortaliças são classificados como sendo fluidos não newtonianos (MACEIRAS; ALVAREZ; CANCELA, 2007). A escolha de um modelo é em função das características de cada tipo de fluido, sendo que os modelos mais comuns são: Lei de Newton (1), Lei da Potência (2) e Herschel-Bulkley (3) (McCLEMENTS, 2005).

$$\delta = \eta \times \gamma \quad (1)$$

$$\delta = k(\gamma)^n \quad (2)$$

$$\delta = \delta_0 + k(\gamma)^n \quad (3)$$

Em que,

η = viscosidade do fluido (Pa.s); δ = tensão de cisalhamento (Pa); γ = taxa de cisalhamento (s^{-1}); k = índice de consistência (Pa.sⁿ); n = índice de comportamento de fluxo (adimensional).

3.7.7 Sólidos solúveis, acidez titulável e pH

Os sólidos solúveis dos frutos dizem respeito a componentes solúveis em água, como açúcares, ácidos, pectinas e vitaminas, principalmente os primeiros, embora em limão e limas ácidas haja predominância de ácidos. Em geral, altos teores de sólidos solúveis se associam com maior doçura de frutos.

A quantificação do teor de sólidos solúveis é importante para os frutos, bem como para indústria de processamento, pois as matérias-primas com teores elevados de açúcares e, conseqüentemente sólidos solúveis, contribuem para obtenção de maior rendimento do processo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez é representada pelos ácidos orgânicos que se encontram tanto na sua forma livre, como na forma combinada com os sais de ésteres e glicosídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com Cecchi (2003), nos frutos são encontrados, principalmente, os ácidos cítrico, málico, tartárico e acético. A acidez titulável é facilmente determinada em frutos, bastando para isso a titulação do suco ou homogenato do fruto com uma base de normalidade conhecida. Em geral, quanto maior a acidez do fruto, menor o seu pH. Quanto menor o pH de um alimento processado, menores as chances de contaminação microbiológica.

3.7.8 Compostos voláteis

Os compostos voláteis presentes em frutas, como em qualquer outro alimento, são responsáveis pelo seu aroma característico, assim como interferem no sabor. O aroma é um dos atributos sensoriais mais apreciados pelo consumidor. Todavia, além da satisfação hedônica, o aroma também pode desempenhar outras funções relevantes, tais como: indicar o estado de conservação adequado e o estágio de maturação desejável, além de sinalizar perdas nutricionais decorrentes do

processamento térmico de um alimento. Frente a isso, a caracterização do perfil desses compostos responsáveis pelo aroma é fundamental para a classificação da sua origem, bem como para o controle de qualidade de frutas e de seus produtos derivados (AGUIAR et al., 2014; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000; PLUTOWSKA; WARDENCKI, 2007).

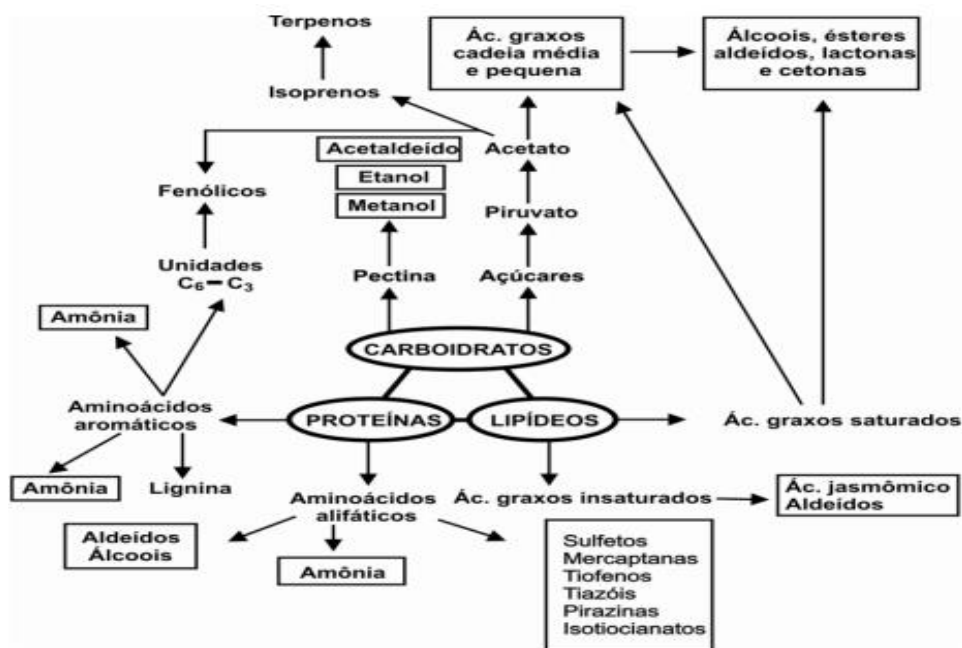
O aroma típico de frutas e hortaliças resulta da combinação de substâncias voláteis de diferentes funções químicas com diferentes propriedades, tais como ésteres, aldeídos, álcoois, ácidos carboxílicos, cetonas, éteres e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Entre esses compostos, alguns autores apontam que os ésteres, álcoois, aldeídos e cetonas são os que mais contribuem com o aroma das frutas e hortaliças (MATHESIS; BUCHANAN; FELLMAN, 1992). Nas frutas, o aroma se desenvolve no curto período de amadurecimento pleno, durante o qual, o metabolismo muda para catabolismo de pequenas quantidades de lipídios (ácidos, graxos), proteínas (aminoácidos) e carboidratos, os quais são enzimaticamente convertidos em compostos voláteis (CHITARRA; CHITARRA, 2005; HEATH; REINECCIUS, 1986).

A composição química, incluindo a distribuição de compostos voláteis, depende da espécie, condições ambientais e o estágio de maturação do fruto. Diferenças qualitativas e quantitativas têm sido reportadas em muitas frutas, dependendo do estágio de desenvolvimento (VENDRAMINI; TRUGO, 2000; VISAI; VANOLI, 1997). Cada fruto possui um aroma distinto que resulta da combinação dos voláteis, assim como, da sua concentração e do limiar mínimo de detecção/percepção de cada composto pelo ser humano (HADI et al., 2013).

A biossíntese dos compostos voláteis envolve muitos caminhos que estão em ação simultânea, inclusive com interações entre produtos das diferentes rotas (Figura 7) (RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

Figura 7 - Esquema da biossíntese de compostos voláteis em frutas e hortaliças.



Fonte: Chitarra e Chitarra (2005).

A mangaba é considerada como sendo uma fruta tropical com sabor e aroma exótico. Sampaio e Nogueira (2006) estudaram os componentes voláteis da mangaba, em três estádios de maturação (verde, de vez e maduro) e reportaram que 80% dos compostos observados em frutos maduros foram ésteres (40,9%), álcoois (18,4%), aldeídos (10,2%) e cetonas (9,7%). Num estudo recente sobre o perfil de voláteis em condições de armazenamento sob atmosfera modificada, Lima et al. (2015c), identificaram 35 compostos, sendo os álcoois mais predominantes (29,57%), seguido de aldeídos e terpenos, ambos com 27,71%; hidrocarbonetos (11,42%), ésteres (5,71%) e cetonas (2,85%) também foram identificados.

O desenvolvimento e aplicação de metodologias para determinação da composição química dos compostos voláteis é uma tarefa difícil, pois o método para o isolamento desses compostos deve ser simples, rápido, eficiente e de baixo custo,

compreendendo uma única etapa que separe os componentes voláteis da matriz do alimento ao mesmo tempo em que os concentra com a menor manipulação possível (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006).

Na análise dos compostos voláteis, a preparação da amostra é uma etapa crucial para obtenção de informações representativas do odor característico de uma matriz, pois qualquer alteração causada na composição dos voláteis da amostra nessa etapa não mais poderá ser corrigida, por mais sofisticados que sejam os instrumentos utilizados nas etapas subsequentes. No entanto, representar qualitativamente o aroma original de uma determinada matriz é muito complicado, uma vez que os compostos voláteis apresentam diferentes propriedades químicas e estão presentes em quantidades extremamente diminutas (MAMEDE; PASTOR, 2006). Entre várias técnicas utilizadas para a determinação de compostos voláteis, destaca-se a microextração em fase sólida (SPME).

A microextração em fase sólida é uma técnica moderna amplamente usada em combinação com cromatografia gasosa (CG) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-MS), usada na preparação de analitos que envolve extração e concentração de compostos voláteis e semivoláteis. Consiste em uma fibra sílica fundida recoberta com material polimérico, um sólido adsorvente ou uma combinação dos dois, numa etapa de extração (ALPENDURATA, 2000; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000).

A técnica apresenta diversas vantagens, como simplicidade, ausência de solvente, rapidez, alto poder de concentração, possibilidade de trabalho com pequenas quantidades de amostra, uso de aparelhagem em fase gasosa ou líquida (por contato), fases sólidas de natureza química distinta, elevada sensibilidade e reprodutibilidade, baixo custo quando comparado com outras técnicas e facilidade de transporte do material extraído para o cromatógrafo (AUGUSTO; VALENTE, 1998; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000; PLUTOWSKA; WARDENCKI, 2007).

A amostra é primeiramente colocada num frasco de vidro e selada com uma tampa metálica. Antes do início da microextração, a fibra deve ser limpa com o objetivo de remover e ativar o adsorvente. Após a limpeza, a fibra é introduzida posicionando-se no centro do espaço superior do vidro (*headspace*) sem permitir que ela toque a amostra (ARAUJO, 2011; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000).

A microextração baseia-se no equilíbrio de partição ou adsorção entre a fibra e as concentrações do analito no seu *headspace*. Quando o equilíbrio é atingido, a quantidade de composto extraído é proporcionalmente relacionada à afinidade com a fase da fibra e sua concentração no analito. Em seguida, os compostos são dessorvidos termicamente, separados, identificados e quantificados posteriormente (ARTHUR et al., 1992; YANG; PEPPARD, 1994).

3.7.9 Qualidade sensorial

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993), como uma ciência que procura evocar, medir, analisar e interpretar reações dos atributos dos alimentos como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

É uma ferramenta de grande valia, sobretudo para as indústrias de alimentos, que buscam constantemente recursos para identificar e atender às necessidades dos consumidores em busca de novos produtos e/ou produtos com qualidade superior (MINIM, 2006).

Um produto alimentício tem como destino final o consumidor, logo, a aceitação ou preferência dos alimentos é melhor avaliada quando o próprio consumidor faz parte desse processo e a análise sensorial permite esse elo entre o consumidor e o produto, fornecendo informações preciosas que vão influenciar sua posição no mercado, uma vez que para o consumidor não basta que o produto tenha excelentes características químicas, físicas ou microbiológicas, se os atributos

sensoriais desse produto não satisfazem suas necessidades e anseios (ABDULLAH; CHENG, 2001; MINIM, 2006).

Os testes de aceitação avaliam o produto ou produtos numa escala de aceitabilidade e ordenam ou avaliam os principais atributos que determinam a aceitação do produto (STONE; SIDEL, 2004). Já a intenção de compra é um processo decisório complexo, influenciado por vários fatores, sendo as características sensoriais determinantes na sua decisão (GUERRERO et al., 2000).

No teste de aceitação, o provador utiliza uma escala hedônica para expressar a aprovação do produto. As amostras são apresentadas de maneira inteiramente ao acaso aos provadores e perguntam-lhes sobre a aceitação entre elas; baseados na escala dos atributos os provadores sinalizam se gostam ou desgostam do produto. Os principais parâmetros observados são cor, textura, sabor e aspecto global do produto. O teste de intenção de compra é similar ao teste de aceitação, podendo reduzir o tamanho da escala hedônica e a resposta abrange desde certamente compraria ao certamente não compraria (DUTCOSKY, 2011).

A utilização da análise sensorial esboça a percepção do cliente e assim será obtido o produto com a melhor qualidade gustativa para as demais análises a serem realizadas (STONE; SIDEL, 2004).

3.7.10 Segurança microbiológica

Nos últimos anos, a segurança alimentar é um dos mais importantes temas constantemente discutidos por várias organizações internacionais, incluindo órgãos governamentais do Brasil (VILAS BOAS; BATISTA, 2014).

A segurança do alimento é definida como sendo a estimativa de presença de perigos em um determinado produto e as ações que são levadas a cabo para minimizar a probabilidade de ocorrência desses perigos, podendo ser agrupados em três categorias: físicos (ex. sujidades, insetos), biológicos (microrganismos patogênicos) e

químicos (ex. substâncias tóxicas naturais presentes no alimento, resíduos de defensivos agrícolas) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O controle de qualidade sanitária em alimentos é realizado, principalmente por meio da pesquisa de microrganismos indicadores que, quando presentes, podem fornecer informações sobre as condições sanitárias de produção, do processamento, ou armazenamento, assim como possível presença de patógenos e a estimativa da vida útil do produto ou segurança. Os principais grupos de microrganismos indicadores de qualidade incluem os coliformes e aeróbios mesófilos (FRANCO; LANDGRAF, 2003; JAY, 2005).

Os coliformes totais, ou coliformes a 35 °C, são microrganismos pertencentes à família Enterobacteriaceae representados pelos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. São bastonetes *Gram*-negativos que apresentam a capacidade de fermentar lactose produzindo ácido lático e gás carbônico dentro de 48 horas após incubação a 35-37 °C (JAY, 2005; MORAIS et al., 2010).

Esses microrganismos indicam o nível de contaminação ambiental que o alimento agregou; são sensíveis ao calor e sua presença em produtos tratados termicamente indica contaminação após o processo, o que evidencia práticas de higiene e sanitização abaixo dos padrões requeridos para o processamento de alimentos (FRANCO; LANDGRAF, 2003; JAY, 2005).

Os coliformes termotolerantes ou coliformes a 45 °C correspondem aos coliformes totais que continuam fermentando lactose com produção de gás carbônico dentro de 24 horas após incubação a 45 °C. Sua presença indica uma possível contaminação de origem fecal e eventual ocorrência de enteropatógenos ou possível deterioração potencial de um alimento (GEUS; LIMA, 2006; JAY, 2005).

A contagem de microrganismos mesófilos aeróbios detecta em um alimento o número de bactérias presentes, tanto na forma vegetativa quanto esporulada, que se desenvolvem a uma temperatura entre 35 e 37 °C. O número de mesófilos aeróbios contados indica se a limpeza, a desinfecção e controle da temperatura durante o

processamento, transporte e armazenamento foram realizados de forma adequada. Também se deve considerar que todas as bactérias patogênicas de origem alimentar são mesófilas, e, portanto, uma alta contagem de microrganismos mesófilos aeróbios pode significar que houve condições para o crescimento de patógenos (FRANCO; LANDGRAF, 2003; JAY, 2005).

A análise de fungos e leveduras é, geralmente, feita em alimentos ácidos, com pH abaixo de 4,5 e sua presença em números consideráveis pode fornecer informações sobre falhas tanto no processamento quanto nas condições de armazenamento, o que pode levar à redução da vida útil do produto (DAMIANI, 2009).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma maneira geral, o processamento da polpa de mangaba influenciou significativamente todas as variáveis analisadas, com uma redução dos parâmetros físico-químicos, composição nutricional, exceto o teor de sólidos solúveis totais, extrato livre nitrogenado (ENN), valor energético total e pectina total que aumentaram significativamente com o processamento. Igualmente, houve uma redução significativa dos compostos bioativos e a capacidade antioxidante. No entanto, os compostos voláteis aumentaram com o processamento, principalmente os álcoois. Entre os dois fatores avaliados, apenas o tempo afetou significativamente ($p < 0,05$) a qualidade da geleia também com uma redução geral de todas as variáveis analisadas, com a exceção de cinzas, fibra alimentar total, elasticidade, cor, aroma e alguns compostos fenólicos e voláteis.

REFERÊNCIAS

AABY, K. et al. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; impact of achene level and storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 13, p. 5156–5166, 2007.

ABDULLAH, A.; CHENG, T. C. Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits Jam. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, p. 63-68, 2001.

ABREU, W. C. **Características físicas, químicas e atividade antioxidante “in vitro” de tomate submetido à desidratação**. 2010. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ACOSTA, O.; VQUEZ, F.; CUBERO, E.; Optimization of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 19, p. 79–85, 2008.

ADÂMOLI, J. J. et al. Caracterização da região dos cerrados. In: GOGERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/RDC_272_2005.pdf?>. Acesso em: 20 jun. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/RDC_12_2001.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

AGUIAR FILHO, S. P.; BOSCO, J.; ARAÚJO, I. A. **A mangabeira (*Hancornia aspiciosa* Gomes): domesticação e técnicas de cultivo**. João Pessoa: Emepa-PB, 1998. 26 p. (Documentos, 24).

AGUIAR, L. M.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 17-40.

AGUIAR, M. C. S. et al. Volatile compounds from fruits of *Butia capitata* at different stages of maturity and storage. **Food Research International**, Barking, v. 62, p. 1095-1099, 2014.

ALBUQUERQUE, J. P.; NACCO, R.; FARO, A. Avaliação global de geléias de uva através do método de dados difusos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 250-254, out./dez. 1996.

ALMEIDA, S. P.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. A. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, cap. 6, p. 353-381.

ALPENDURATA, M. F. Solid-phase microextraction: a promising technique for sample preparation in environmental analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 889, p. 3-14, 2000.

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, M. M. M. A Reologia. In: CASTRO, A. G. (Ed.). **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. p. 37-61.

ARAMWIT, P.; BANG, N.; SRICHANA, T. The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. **Food Research International**, Barking, v. 43, p. 1093–1097, 2010.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e pratica**. 5. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 601 p.

ARTHUR, C. et al. Automation and optimization of solid phase microextraction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 64, p. 1960-1966, 1992.

ASHOOR, S. H.; WOODROW, C. M.; WELTY J. Liquid chromatographic determination of ascorbic acid in foods. **Journal of International Association of Official Analytical Chemists**, Rockville, v. 67, p. 78-80, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: análise sensorial dos alimentos e bebidas - terminologia. Rio de Janeiro, 1993. 8 p.

ASSUMPCÃO, C. et al. Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 1297–1303, 2014.

ATANACKOVIC, M. et al. Influence of winemaking techniques on the resveratrol content, total phenolic content and antioxidant potential of red wines. **Food Chemistry**, London, v. 131, p. 513–518, 2012.

AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P. Applicability of the compound independent calibration method for the chromatographic quantitation of trihalomethanes with atomic emission detection. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 43-46, 1998.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos cerrados: preservação gera muitos frutos**. 2005. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

BADARINATH, A. V. et al. A review on in-vitro antioxidant methods: comparisons, correlations and consideration. **International Journal of Pharm Tech Research**, Samskruti, v. 2, p. 1276–1285, 2010.

BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.

BARCELOS, M. F. P.; FERRUA, F. Q. **Frutos e hortaliças processados: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. p. 8-45. (Texto acadêmico).

BATTEY, A. S. et al. Modelling yeast spoilage in cold filled ready to drink beverages with *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii* and *Candida lipolytica*. **Applied and Environmental Microbiology**, Madrid, v. 68, p. 1901-1906, Apr. 2002.

BELITZ, H. D.; GROSCHE, W.; SCHIEBERLE, P. Fruits and fruit products. In: _____. **Food Chemistry**. Berlin: Springer, 2009. p. 807–861.

BLOCK, G.; LANGSETH, L. Antioxidant vitamins and disease prevention. **Food Technology**, Chicago, v. 48, p. 80-84, 1994.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, O. F. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2003. 151 p.

BRAGA FILHO, J. R. et al. Produção de frutos e caracterização de ambientes de ocorrência de plantas nativas de araticum no cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 31, n. 2, p. 461-173, 2009.

BRECHT, J. K. et al. Postharvest physiology of edible plant tissue. In: DAMORADAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. Boca Ranton: CRC, 2008. p. 1042-1043.

BURRI, B. J. et al. Tangerine tomatoes increase total and tetra-cis-lycopene isomer concentrations more than red tomatoes in healthy adult humans. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Campinas, v. 60, p. 1-16, 2009.

CARDOSO, L. M. et al. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2151-2154, 2011.

CARNEIRO, A. P. G. et al. Caracterização físico-química dos frutos in natura e geleias de morango e pêssego, e aspectos de rotulagem do produto ao consumidor. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 295-298, 2012.

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

CARRAZZA, L.; ÁVILA, J. C. C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do Baru**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2010. 56 p.

CARUSO, R. **Cerrado brasileiro: desenvolvimento, preservação e sustentabilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1997. 112 p.

CASTRO, A. G. **A Química e a reologia no processamento dos alimentos**. Porto Alegre: Instituto Piaget, 2004. p. 32-57.

CASTRO, A. L. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 2007. 302 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.
- CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COLLINS, H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas: Unicamp, 2006. p. 17-42.
- COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. especial, p. 131-138, 1992.
- DAK, M.; VERMA, R. C.; JAAFFREY, S. N. A. Effect of temperature and concentration on rheological properties of ‘Kesar’ Mango Juice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, p. 1011-1015, 2007.
- DAMIANI, C. **Caracterização e agregação de valor aos frutos do cerrado: araçá (*Psidium guineensis* Sw.) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.)**. 2009. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. ver. e ampl. Curitiba: Champagnat, 2011. P. 243-246.
- DZIEZAK, J. D. Preservative systems in foods, antioxidants and antimicrobial agents. **Food Technology**, Chicago, v. 40 p. 94–136, 1986.
- EL GHARRAS, H. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 44, p. 2512–2518, 2009.
- EL-NAWAWI, S. A.; HEIKEL, Y. A. Factors affecting gelation of high-ester citrus pectin. **Process Biochemistry**, London, v. 32, n. 5, p. 381-385, June 1997.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 652 p.

FENNEMA, O. R. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. **Food Technology**, Chicago, v. 31, n. 12, p. 32, 1977.

FERREIRA, E. G. Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 9-14, set. 2007.

FERREIRA, I. M. Paisagens do cerrado: um estudo do subsistema de veredas. In: GOMES, H. **Universo do cerrado**. Goiânia: UCG, 2008. v. 1, 278 p.

FERREIRA, I. M. P. L. V. O. et al. Quince jam quality: microbiological, physicochemical and sensory evaluation. **Food Control**, Vurrey, v. 15, n. 4, p. 291-295, June 2004.

FINCO, F. D. B. et al. Antioxidant activity and characterization of phenolic compounds from bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) fruit by HPLC-DAD-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 60, p. 7665-7673, 2012.

FONSECA, G. D. F. **Caracterização de gelejada de maçã elaborada com açúcar mascavo**. 1999. 29 p. Monografia (Graduação em Ciências Domésticas) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

FRANÇA, B. K et al. Peroxidação lipídica e obesidade: Métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. **Portuguese Journal of Gastroenterology**, Lisboa, v. 20, n. 5, p. 199-206, 2013.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003. 629 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 307 p.

FREITAS, J. B.; CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R. Geléia de gabioba: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 87-94, jun. 2008.

GAJAR, A. M.; BADRIE, N. Processing and quality evaluation of a low-calorie Christophene Jam (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, p. 341-346, 2002.

GANGA, R. M. D. et al. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* Gomes do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 32, p. 101-113, 2010.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. B. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 511 p.

GEUS, J. A. M.; LIMA, I. A. Análise de coliformes totais e fecais: um comparativo entre técnicas oficiais Vrba E Petrifilm Ec aplicados em uma indústria de carnes. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UTFPR, 2006.

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**, [S. l.], v. 3, p. 1–10, 2013.

GOMES, H. Cerrado: extinção ou patrimônio nacional? In: GOMES, H. **Universo do Cerrado**. Goiânia: UCG, 2008. 278 p.

GONÇALVES, G. A. S. **Qualidade dos frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) submetidos aos processos de congelamento e cozimento**. 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

GOYAL, S. et al. Secondary metabolites and plant defence. In: MÉRILLON, J.M.M.; RAMAWAT, K. G. G. **Plant defence: biological control**. Berlin: Springer, 2012. p. 109–138.

GUERRERO, L. et al. Consumer attitude towards store brands. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 11, n. 5, p. 387-395, 2000.

HADI, M. A. E. et al. Advances in fruit aroma volatile research. **Molecules**, Basel, v. 18, p. 8200-8229, 2013.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 2007. 147 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

- HAMINIUK, C. W. I. et al. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 47, n. 10, p. 2023-2044, 2012.
- HEATH, H. B.; REINECCIUS, G. **Flavor chemistry and technology**. New York: N. Reinhold, 1986. 310 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas e vegetação**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.html>>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- JACKIK, M. H. **Doces, geleias e frutas em calda**. Campinas: UNICAMP, 1988. 172 p.
- JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 712 p.
- KALT, W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, p. 11–19, 2005.
- KATAOKA, H.; LORD, H.; PAWLISZYN, J. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 880, p. 36-62, 2000.
- KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables– the millennium’s health. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, p. 703–725, 2001.
- KAYAL, M. et al. Characterization of citrus pectin samples extracted under different conditions: influence of acid type and pH of extraction. **Annals of Botany**, London, v. 114, p. 1319–1326, 2014.
- LAJOLO, F. M. Grupo de trabalho: composição de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 57-69, 1995.
- LAJOLO, F. M.; VANUCCHI, H. Tabelas de composição de nutrientes em alimentos, situação no Brasil e necessidades. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, Caracas, v. 37, n. 4, p. 703-713, 1987.
- LEDERMAN, I. E. et al. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 35 p. (Série Frutas Nativas, 2).

LICODIEDOFF, S. **Influência do teor de pectinas comerciais nas características físico- químicas e sensoriais da geléia de abacaxi (*Ananas comosus*(L) Merrill)**. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

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, 2015a.

LIMA, J. P. et al. The antioxidant potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulture**, Amsterdam v. 194, p. 1-6, 2015b.

LIMA, J. P. et al. Volatile profile of mangaba fruit stored under modified atmosphere. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 1071, p. 541-549, 2015c.

LIMA, M. S. et al. Fruit pectins: a suitable tool for screening gelling properties using infrared spectroscopy. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 24, p. 1-7, 2010.

MACEIRAS, R.; ALVAREZ, E.; CANCELA, M. A. Rheological properties of fruit purees: effect of cooking. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, p. 763-769, 2007.

MAGALHÃES, A. S. et.al. Protective effect of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit against oxidative hemolysis of human erythrocytes. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 47, p. 1372-1377, 2009.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: UFC, 2007. 320 p.

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

MARTÍNEZ, N. J. L. et al. Pectina de mango: perspectivas para su extracción. **Revista Ciencia Cierta**, México, v. 7, n. 27, 2011. Disponível em: <<http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC27/7.html>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

MARTINS, B. A. **Avaliação físico-química de frutos do cerrado in-natura e processados para a elaboração de multimisturas**. 2006. 85 p. (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2006. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ucg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=187>. Acesso em: 29 jun. 2016.

MASMOUDI, M. et al. Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice response surface methodology. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 74, n. 2, p. 185-192, Oct. 2008.

MATHESIS, J. P.; BUCHANAN, D. A.; FELLMAN, J. K. Volatile compounds emitted by sweet cherries (*Prunus avium* Cv. Bing) during fruit development and ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 40, p. 471–474, 1992.

McCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: principles, practice and techniques**. New York: CRC, 2005. 135 p.

MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 4, n. 6/1, p. 11-18, jan./dez. 1999.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. **Nutrire: revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geléia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 33-44, jan./jun. 1999.

MENDONÇA, K. et al. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 179-183, jul./dez. 2003.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 225 p.

MONTEIRO, J. M. et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MORAIS, C. A. et al. **Microbiologia de alimentos práticas de laboratório**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2010. 57 p.

MORAIS, J. **Como montar e operar uma pequena fábrica de doces e geléias**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2000.

MÜLLER, H. G. **Introducción a la reologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1973. 147 p.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, p. 95–111, 2004.

NARAIN, N. Mangaba. In: NAGY, S.; SHAW P. E.; WARDOWSKI, W. **Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses**. Lake Alfred: Science Source, 1990. p. 159-165.

NOGUEIRA, J. M.; NASCIMENTO JUNIOR, A. N.; BASTOS, L. Empreendimentos extrativistas como alternativas para geração de renda: do sonho ambientalista à realidade do estudo de mercado. **Revista Ciência Administrativa**, Fortaleza, v. 15, n. 1, p. 85-104, 2009.

OLIVEIRA, M. E. B. **Características físicas, químicas e compostos bioativos em pequis (*Caryocar coriaceum* Wittm.) nativos da chapada do Araripe - CE**. 2009. 146 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

OLIVEIRA, V. B. et al. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds, **Food Research International**, Barking, v. 48, p. 170–179, 2012.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana**, México, v. 10, p. 196-211, 2009.

PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003. 612 p.

PEREIRA, A. V. et al. Mangaba. In: VIEIRA, R. F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. Cap. 12, p. 188-213.

PLUTOWSKA, B.; WARDENCKI, W. Aromagrams-aromatic profiles in the appreciation of food quality. **Food Chemistry**, London, v. 101, p. 845-872, 2007.

PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 27, p. 1173-1181, 1999.

PRIOR, R. L. et al. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC(FL)) of plasma and other biological and food samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 3273–3279, 2003.

RATTANATHANALERK, M.; CHIEWCHAN, N.; SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 66, p. 259–265, 2009.

RAUCH, G. H. **Fabricación de mermeladas**. Zaragoza: Acribia, 1978. 199 p.

RAWSON, A. et al. Effect of thermal and non-thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: review of recent advances. **Food Research International**, Barking, v. 44, p. 1875–1887, 2011.

REIS, F. M. **Tecnologia dos produtos agro-alimentares**. Lisboa: LCE, 1982. 238 p. (Coleção Técnica Agrária).

REZENDE, R. P. et al. Educação ambiental e participação: estratégias para a preservação e para a conservação ambiental. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 221-249.

RICER-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003. p. 177-194.

RODRÍGUEZ-MEDINA, I. C.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. Use of high-performance liquid chromatography with diode array detection coupled to electrospray-Qq-time-of-flight mass spectrometry for the direct characterization of the phenolic fraction in organic commercial juices. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1216, p. 4736-4744, 2009.

ROSA, J. S. et al. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, 2007.

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

SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas**: avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade. 2005. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANTOS, M. A. et al. **O Cerrado brasileiro**: notas para estudo. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2010.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L. et al. **Embalagens plásticas flexíveis**: principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 213 p.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, p. 21–40, 2001.

SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. 2009. 91 f. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SIGUEMOTO, A. T. Propriedades de pectina: braspectina. In: SIMPÓSIO SOBRE HIDROCOLOIDES, 1., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1993. 1 CD-ROM.

SILVA, D. B. et al. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 179 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 235 p.

SILVA, E. B. **Desenvolvimento de produtos alimentares adicionados de ferro, cálcio, zinco e carotenóides (alfacaroteno e betacaroteno) como proposta de alimentos enriquecidos ou fontes destes nutrientes**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA JÚNIOR, J. F. A cultura da mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 186-188, 2004.

SILVA, P. T.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de Ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geleia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 678-682, 2006.

SMITH, J. P.; ZAGORY, D.; RAMASWAMY, H. S. Packaging of fruits and vegetables. In: BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RMASWAY, H. (Ed.). **Processing fruits: science and technology**. Boca Raton: CRC, 2005.

SOARES, F. P. et al. Cultura da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 67, p. 1-12, 2000.

SOARES, M. et al. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 30, n. 1, p. 59-64, 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOLER, M. P. **Frutas, compotas, doce em massa, geleias e frutas cristalizadas para micro e pequena empresa**. Campinas: ITAL, 1995. 73 p.

SOLER, M. P. **Industrialização de geleias**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 72 p.

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

SOUZA, C. M.; BRAGANÇA, M. G. L. **Manual de processamento artesanal de frutas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2000. 122 p.

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

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

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 703 p.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3th ed. London: Academic, 2004. 247 p.

SZABO, M. et al. Improved DPPH determination for antioxidant activity spectrophotometric assay. **Chemical Papers**, Bratislava, v. 61, p. 214–216, 2007.

TAÍŠ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.

TAVARES, J. T. Q. et al. Estabilidade do ácido ascórbico em suco de laranja submetido a diferentes tratamentos. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 12, n. 1/2, jan/dez. 2000.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. H. Chemistry and uses of pectin: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 37, n. 1, p. 47-73, Feb. 1997.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. **Food Research International**, Barking, v. 50, p. 497–506, 2013.

TORRES, E. A. F. S. et al. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.

TORREZAN, R. **Preparo caseiro de geléias**. Rio de Janeiro: Embrapa/CTAA, 1997. 15 p.

- UCHIMURA, M. S. **Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR**. 2007. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/upload/sbrt475.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- VASQUES, C. T. **Reologia do suco de goiaba**: efeito da diluição e do tamanho de partícula. 2003. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 71, p. 195–198, 2000.
- VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas**: ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher, 2010. 461 p.
- VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. Families of phenolic compounds and means of classification. In: _____. **Phenolic compound biochemistry**. Berlin: Springer, 2006. p. 1–34.
- VIEIRA NETO, R. D. **Recomendações técnicas para o cultivo da mangabeira**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 20 p. (Circular Técnica, 20).
- VIEIRA, R. F.; COSTA T. A. **Frutas nativas do cerrado**: qualidade nutricional e sabor peculiar. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.
- VIEIRA, R. F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.
- VIEIRA, R. F.; MARTINS, M. V. M. Estudos etnobotânicos de espécies medicinais de uso popular no cerrado. In: INTERNATIONAL SAVANA SIMPOSIUM, 1., 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 1998. p. 169-171.
- VILAS BOAS, E. V. B. **Alimentos e nutrientes**. Lavras: UFLA, 2014a. 76 p.
- VILAS BOAS, E. V. B. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA, 2014b. 63 p.
- VILAS BOAS, E. V. B.; BATISTA, L. R. **Qualidade e segurança de alimentos**. Lavras: UFLA, 2014. 70 p.

VILLACHICA, H. et al. Mangaba. In: _____. **Frutales y hortalizas promisorios de la amazonia**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazonica, 1996. p. 191-194.

VISAI, C.; VANOLI, M. Volatile compound production during growth and ripening of peaches and nectarines. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 70, p. 15-24, 1997.

VRIESMANN, L. C. Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 77, n. 1, p. 72-79, 2008.

WANG, S. et al. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 1, p. 14-22, 2011.

WELCH, R. W. et al. Accumulation of vitamin C (ascorbate) and its oxidized metabolite dehydroascorbic acid occurs by separate mechanisms. In: MANELA-AZULAY, M. et al. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 3, p. 265-274, 2003.

WILLIAMSON, G. Common features in the pathways of absorption and metabolism of flavonoids. In: MESKIN, M. S. et al (Ed.). **Phytochemicals: mechanisms of action**. New York: CRC, 2004. p. 21-33.

YANG, X.; PEPPARD, T. Solid-phase microextraction for flavor analysis. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 1925-1930, 1994.

YAPO, B. M. Pectic substances: from simple pectic polysaccharides to complex pectins: a new hypothetical model. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 86, p. 373-385, 2011.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 4, p. 503-509, 2004.

SEGUNDA PARTE-ARTIGOS

ARTIGO 1

**IMPACT OF PROCESSING, PACKAGING MATERIAL AND
STORAGE TIME ON QUALITY OF MANGABA FRUIT (*Hancornia
speciosa* Gomes) JAM**

Normas da Revista Ciência e Agrotecnologia – ISSN: 1413-7054

Elídio Zaidine Maurício Zitha, Patrícia da Silva Machado, Luciana Affonso
Junqueira, Elisângela Elena Nunes Carvalho, Jaime Vilela de Resende, Eduardo
Valério de Barros Vilas Boas

ABSTRACT: The Brazilian cerrado is rich in exotic fruit species with peculiar sensory attributes and good source of nutrients, but its potential has not been exploited. Since many types of these fruits are seasonal, jam production is a promising alternative for expanding the consumption and adding their economic value. The aim of this study was to evaluate the impact of processing, packaging material (amber and clear glass jars) and storage time on the quality of mangaba jam. Microbiological, physicochemical, texture profile analysis, rheological properties and sensorial quality characteristics of the sample were assessed during 12 months of storage time. Results showed that processing of mangaba fruit pulp into jam affected many of the parameters evaluated. Among the two factors studied in this work it was observed that only the storage time significantly ($p < 0.05$) influenced jam quality. However, no significant differences were found for ash, dietary fiber, springiness and some sensory attributes (color and flavor) over the storage time. Data from microbiological analysis showed that all the parameters were within the standards established by legislation. Although the changes occurred after processing and during storage time, the jam presented a good quality and good sensory acceptance. Therefore, this jam can be stored for up to 12 months and still consumed safely.

INDEX TERMS: Cerrado; *Hancornia speciosa*; Processing; Storage; Quality.

RESUMO: O cerrado brasileiro é rico em espécies consideradas exóticas com atributos sensoriais peculiares e boas fontes de nutrientes, mas o seu potencial ainda não foi explorado. Considerando que muitas das espécies são sazonais, o processamento de geleia afigura-se como uma alternativa promissora para a expansão do seu consumo e agregação do valor econômico. O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto do processamento, tipo de embalagem (vidro âmbar e vidro transparente) e o tempo de armazenamento sobre a qualidade de geleia de mangaba. As características microbiológicas, físico-químicas, análise de perfil de textura, propriedades reológicas e atributos sensoriais foram avaliadas durante 12 meses de armazenamento. Resultados das análises mostraram que o processamento da polpa de mangaba afetou a maioria dos parâmetros analisados. Dentre os dois fatores estudados, foi observado que apenas o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0.05$) a qualidade da geleia. Entretanto, não houve diferença significativa para as variáveis cinzas, fibra alimentar, elasticidade e alguns atributos sensoriais (cor e aroma), ao longo do tempo de armazenamento. Os resultados da análise microbiológica mostraram que os todos os seus parâmetros estiverem dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Apesar das alterações observadas logo após o processamento e durante o tempo de armazenamento, a geleia apresentou uma boa qualidade e boa aceitação sensorial. Portanto, esta geleia pode ser armazenada durante 12 meses, e ser consumida sem nenhum risco de segurança.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Cerrado; *Hancornia speciosa*; processamento; estocagem, qualidade.

INTRODUCTION

Brazil, due to its continental geographic dimensions has the largest biodiversity in the world. The Brazilian savannah, most known as “cerrado”, is the second largest biome in South America (the largest biome is the Amazon rainforest). It covers 22% of the Brazilian territory and is present in nine Brazilian states, including Minas Gerais (SILVA et al., 2003; VIEIRA et al., 2006). The Cerrado biome presents a huge variety of native and exotic fruit species with attractive features, colors and flavors.

Those fruits which are little explored scientifically and commercially, represent potential interest to the agroindustry, possible future source of income for the local population and, an opportunity for local growers to gain access to special markets where consumers are interested in unique products and in food characterized by high amount of bioactive compounds (ALVES et al., 2008). Among these native and exotic fruit species, the *Hancornia speciosa* Gomes (*Apocynaceae*), whose fruit is popularly known as “mangaba”, which in the native language means “thing good for eating”, is a plant species found in the Brazilian Cerrado (FERREIRA et al., 2007; VIEIRA et al., 2006).

The mangaba fruit is an ellipsoid berry that when mature has yellow skin with or without red pigmentation and with a yellowish exocarp and red stripes or spots (VIEIRA et al., 2006). Its pulp is whitish, fleshy, viscous, sweet and slightly acid. Although this fruit remains unexplored, it is greatly appreciated by consumers and has great potential and interest to the agroindustry for the development of products such as ice cream, cookies, syrup, juice, wine, liquor, jam, fruit compotes, alcohol, and vinegar and generate income, especially for socially vulnerable families (CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; MORAES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2012).

Mangaba fruit is a potential source of some micro and macro minerals, especially those of potassium, iron and zinc (LIMA et al., 2015a). In addition to

essential nutrients, mangaba fruit contain a wide diversity of bioactive compounds that have been implicated in having beneficial health effects against cardiovascular disease, cancer, inflammation, obesity, diabetes and other chronic diseases. These compounds include vitamin C, β -carotene, β -cryptoxanthin, α -tocopherol, α -, β - and γ -tocotrienols and phenolics (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015a). Among these bioactive compounds, phenolic molecules have been receiving greatest attention due to their abundance and diversity in mangaba fruit. The major classes of phenolics found in mangaba fruit are flavonoids (catechin and rutin) and non-flavonoids (gallic acid, chlorogenic acid, vanillic acid, o-coumaric acid, and rosmarinic acid) (LIMA et al., 2015a, 2015b).

The synergistic action between these compounds contributes to its high antioxidant capacity and other biological activities (LIMA et al., 2015a, 2015b; RUFINO et al., 2010). Furthermore, a recent study conducted by (LIMA et al., 2015a) emphasizes the food functional potential of mangaba fruit and revealed scientific evidence of its antimutagenic and protective effect, observed through a multi-endpoint assay in mice. However, mangaba fruit is seasonal and present high postharvest respiration rate that contribute significantly to their nutritional and microbiological deterioration, resulting in short shelf-life and reduced quality and health benefits.

Due to the fact that these fruit are highly perishable it becomes important the development of techniques that regulate and increase the marketing period of mangaba as well as aggregate economic value to the fruit. Among the various techniques employed in the exploitation of fruits, jam processing is one of the popular methods to preserve perishable fruits and has been very used due to single procedures that are involved in the manufacturing of this product (GRANADA et al., 2005; KANSCI; KOUBALA; LAPE, 2003; NACHTIGALL et al., 2004).

Due the fact that jam processing involves thermal processing, it is known that quality parameters of fruit jam, such as color, levels of ascorbic acid, titratable acidity and soluble solids, texture profile and rheological properties and nutraceutical content, can be affected during processing and storage (KVIKLIENE; KVIKLYS; VIŠKELIS, 2006; PATRAS et al., 2010; WICKLUND et al., 2005). The shelf life of jam can be further increased by using suitable packaging material. Packaging materials and storage conditions play an important role in enhancing the shelf-life of processed products and act as barrier against air borne contamination and loss or gain in moisture, thus ensuring the retention of all the desirable quality of the product during storage (SATISH et al., 2014). Aiming to stimulate the cultivation and consumption of brazilian native species fruits, offering alternative foods that contribute to overall health, the objective of this study was to develop mangaba jam and assess the impact of processing and packaging material (amber and clear glass jars) on microbiological, physicochemical, texture profile analysis, rheological properties and sensorial quality of the jam, during 12 months of storage.

MATERIAL AND METHODS

Fruits and extraction of pulp

The ripe mangaba fruit (*Hancornia speciosa*) used for this study was harvested from different trees at the characteristic area of Cerrado (savannah-like vegetation) in Curvelo Town, Minas Gerais State, Brazil (latitude 18° 45' 23" S, longitude 44° 25' 51" W and altitude 632 m). The fruits were transported in polystyrene boxes to the Vegetable Postharvest Laboratory of the Federal University, within 24 h after harvest. The fully ripe healthy and fresh mangaba fruit were washed thoroughly with potable water and sanitized with sodium dichloroisocyanurate (Hidrosan®) 200 mg L⁻¹ for 15 minutes. The fruits were

crushed in skin and strained to separate the seeds and pulped with the use of stainless steel spoons. Then, the seedless pulp was stored in freezer at -18°C until processing.

Jam Processing

The jam was processed in the pilot plant at Food Science Department of Federal University of Lavras, in 3 batches, according to the procedure described by Jackik (1988). Ingredients were pre-weighed and kept separate. After that, the high-methoxy commercial pectin (Vetec ®) was premixed with a portion of the sugar to properly disperse the pectin. Jam formulation expressed relative to total weight was 50% pulp and 50% sugar. In this study, 2000 g of pulp, 2000 g of sugar and 20 g of pectin were used to elaborate mangaba jam in each batch. Initially, sugar was added to the pulp, and with continues manual agitation, the mixture was boiled at low heat in an open stainless steel pan (approximately 100 to 105°C final boiling point) and the sugar premixed with pectin was then, added until obtaining the final concentration around soluble solid value of 67,5%, reading in manual refractometer with a scale from 0 to 90 °Brix. The total time of cooking was approximately 40 min. Subsequently, the jam was hot-packed at 80°C in 40 ml amber and clear glass jars with the same quantity, immediately sealed with metal cover and inverted for 5 min to sterilize the glass containers. Then, they were returned to normal position and conditioned at room temperature ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH) until analysis.

Analysis

The chemical and physicochemical characteristics were determined in fresh pulp in four repetitions and, in mangaba jam according to the experimental design. The analyses of the moisture, protein (nitrogen conversion factor of 6.25 total protein), fat, dietary fiber, and ash contents were performed according to

the Official Methods of Analysis (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 2012). The nitrogen-free extract (NFE) of the samples was obtained subtracting the values obtained in previous analyses of 100g of the product, in fresh mass. The energy value was estimated using the Atwater conversion values described by Wilson, Santos and Vieira (1982) and the results expressed in kcal/100 g based in fresh matter.

Titrateable acidity, soluble solids, pH and water activity were determined according to Adolfo Lutz Institute (2005). Total pectin was extracted as described by McCready and McComb (1952) and were quantified as percentage of galacturonic acid, according to the colorimetric method described by Bitter and Muir (1962). Color was determined using a CR-400 colorimeter (Konica Minolta, Tokyo, Japan) which provide CIE L*, a*, b*, C* and °h values. The instrument was calibrated using ceramic plate and illuminant D65. The values were measured directly by adding enough jam to cover the bottom of glass sample cup.

The texture profile analyses (TPA) were performed directly in the glass jar containing jam (height: 50.50 mm, diameter:100.70 mm) at room temperature using a Texture analyzer (model TA-XT2i, Stable Micro Systems, United Kingdom) with a 5 kg load cell and a 20 mm diameter cylindrical aluminum probe in penetration mode. Measurements were conducted under the following conditions: pre-test speed of 2.0 mm/s, a test speed of 1.0 mm/s, a post-test speed of 10.0 mm/s, compression distance of 10.0 mm, deformation level 50 % and time between compression cycles of 5.0 s. From TPA curve, texture parameters such as hardness, cohesiveness, adhesiveness, springiness, chewiness and gumminess were determined using Texture Exponent 32 software (Version 4.0.5.0).

The rheological properties and apparent viscosity of the jam sample were determined by using stress rheometer (HAAKE Rheo Stress 6000, Thermo

Fisher Scientific, German) which was attached to temperature control system (HAAKE UTM, Thermo Fisher Scientific). Parallel plate geometric configuration with 34.997 mm of diameter and 2mm of gap was used for the rheological analysis. In order to eliminate the influence of time (thixotropic), the flow behavior of the jam was assayed by an up-down-up steps program using shear range from 0 to 200s⁻¹ for each sample. The rheological tests were carried out at 20°C in triplicate. The apparent viscosity was investigated at shear rate of 100s⁻¹ (McCLEMENTS, 2005). Data from the curve of relationship between the shear rate and shear stress were fitted to three rheological models namely, Newton's law, Power Law, and Herschel-Bulkley. The best model describing the rheological behavior of the mangaba jam was selected from the highest coefficient of determination (R²) and sum of square errors (SSE).

Microbiological analysis was performed according to International Commission on Microbiological Specifications for Foods - ICMSF (1982). The analysis was based on coliform incubated at 35 °C and 45°C for 48h, filamentous fungi, yeasts and *Salmonella* sp. Coliforms were determined using the MPN (Most Probable Number) and the standard filamentous fungi and yeasts were performed by total plate count.

The sensory evaluation was carried out for each time of analysis, in the laboratory of Sensory Analysis at the Food Science Department of the Federal University of Lavras. Acceptance and purchase intent tests were performed as proposed by Meilgaard, Civille and Carr (1991) and by Stone and Sidel (2004). These tests assessed color, texture, taste, flavor, and overall acceptability using a hedonic scale of 9 points (1 = dislike extremely 9 = like extremely) for acceptance, and a hedonic scale of 5 points (1 = not buy certainly 5 = buy certainly) for purchase intent. The jam was evaluated by 500 untrained panelists (100 in each time of analysis) with age ranged from 18 to 60 years old (males and females), randomly selected on the basis of their regular consumption of

fruit jams and jellies. Each jam treatment coded with random 3-digit number was served to the panelists on slices of wheat toast Fhorm® (4g/sample). For the sensory analysis, the project was first approved by the Ethics Committee in Research with Human Beings Sector at the Federal University of Lavras, and it is duly registered at SISNEP- National System of Ethics in Research.

Data were analyzed using the SISVAR statistical package (FERREIRA, 2011). Analysis of variance (ANOVA) was performed using a simple completely randomized (CRD) factorial design with two factors including package (amber and clear glass jars) and storage time (0, 3, 6, 9, and 12 months). Polynomial regression models were selected based on the F test and coefficient of determination (R^2); statistical significance was set at $p < 0.05$. All analyses were carried out in four (4) repetitions and each sample consisted of 80g of jam (two glass jars of 40 ml each).

RESULTS AND DISCUSSION

From data presented in Table 1 is clear that the transformation of fruit pulp into jam had significantly ($p < 0.05$) influence in all variables studied. There was a decrease in the contents of moisture, fat, protein, ash and total dietary fiber, pH, water activity, value L^* , C^* and °hue and, an increase of soluble solids, total pectin, soluble pectin, titratable acidity, nitrogen-free extract(NFE) and total energy value. These changes in physicochemical properties are expected since during processing, heating can result in disruption of cell membranes, enzyme inactivation, texture change of fruits, and unavoidable leaching of water-soluble compounds which could alter the quality parameters of fruit products, such as color, fat, acidity, soluble solids, texture, pH, total acidity among others which are usually affected by processing and storage (HOWARD et al., 1999; KVIKLIENE; KVIKLYS; VIŠKELIS, 2006; LEONG; OEY, 2012; WICKLUND et al., 2005).

The moisture content of mangaba pulp (Table 1) decreased significantly after jam processing from 80,55 to 29,26 g.100g⁻¹ and increased (Figure 1) during storage time from 29,26 to 32,29 g.100g⁻¹. The results obtained in this study are in complete agreement with those reported by Mota (2006) and Zambiasi, Chim and Bruscatto (2006) who observed decreasing trend in moisture content after jam processing and increasing during storage time of blackberry and strawberry jellies, respectively. The reduction in moisture content during processing could be due to the concentration of ingredients during the formulation of product. According to Venir et al. (2007), the increase in moisture content, sometimes could be attributed to either the inappropriate packaging materials (such as packaging not closing tightly), the nature of the packaging material itself in terms of moisture permeability or the change in the structure of the sample. Although Venir et al. (2007) have reported that inappropriate packaging materials can affect the moisture content, in this present study, since the glass containers used to pack the samples are considered to be hermetically sealed containers with efficient physical barrier, thereby avoiding gas exchanges between the products and the environment (AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2012), the increase in moisture content may be associated to the change in jam structure, mainly sucrose hydrolysis with liberation of water molecule (QUAST, 1986).

The fat content when compared with mangaba fruit pulp decreased significantly ($p < 0.05$) after jam processing by 76%, also during storage time and the values ranged from 0.45 to 0.12 g.100g⁻¹ (Figure1). This decrease can be attributed to the thermal degradation of fatty acids at higher temperatures and oxidation during storage time, resulting in the formation of volatile compounds among which many have an unpleasant odor and are responsible for flavor problems in food (GROSCH; WIDDER; SEN, 1992).

Protein content after jam processing decreased from 1.35 to 0.92 g.100g⁻¹ and, also during storage time from 0.92 to 0.60g.100g⁻¹, although no significant differences were observed considering the standard deviation. According to Whitaker (1981), during heat treatment proteins undergo denaturation/degradation and thus reduction in the protein content. Also, this loss is probably due mainly to the intervention of amino acid in non-enzymatic browning process (BUEDO; ELUSTONDO; URBICAIN, 2000).

Ash levels in a food product represent inorganic residue remaining after destruction of organic matter (VIDHYA; NARAIN, 2011; PAVLOVA et al., 2013). Ash levels decreased significantly ($p < 0.05$) after jam processing by 38% (Table 1) whereas no significant ($p > 0.05$) reduction was observed during 12 months of storage and the mean value was around 0.17g.100g⁻¹. Similar observation was found by Damiani et al. (2012), who reported no significant change in ash content during storage of a mixed araçá and marolo jam. In addition, Pavlova et al. (2013) did not also found change in ash content during the storage of raspberry and peach jams.

The total dietary fiber levels when compared with mangaba fruit pulp decreased significantly ($p < 0.05$) after jam processing by 54.7% and during storage did not change significantly. The levels of total dietary fiber found in this work were lower than 6g.100g⁻¹ and 3g.100g⁻¹, which are the minimum values established by Brazilian legislation and the Codex Alimentarius standard for liquid and solid foods, respectively (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 1998; CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - CODEXSTAN, 2009). According to Dhingra et al. (2012) the decrease of total dietary fiber after processing might be to enzymatic and thermal treatments, which directly or indirectly affect the composition of total fiber. Dietary fiber comes from the portion of plants that is not digested by enzymes in the intestinal tract and their amount and kind vary in different types

of fruits and vegetables. Fiber includes pectin, gum, mucilage, cellulose, hemicellulose and lignin (BIRCH; PARKER, 1983). According to well-documented studies, it is now accepted that dietary fiber plays a significant role in the prevention of several diseases, and that diets with a high content of fiber, such as fruits and vegetables, have a positive effect on health since its consumption has been related to a decreased incidence of several types of cancer, prevention and treatment of constipation, hemorrhoids and diverticulosis as well as decrease of blood cholesterol (BEECHER, 1999; JIMÉNEZ-ESCRIBANO et al., 2001; THEUWISSEN; MENSINK, 2008).

Total pectin results after processing and during 12 months of storage are presented in Table 1 and Figure 1, respectively. Total pectin ranged from 0,75 to 6,95g.100g⁻¹ (Table1), and decreased sharply ($p < 0.05$) during storage time (91%). The increase in pectin content is related to addition of pectin during the formulation of the product. Similar to this findings, other authors reported decreasing of pectin content during storage of fruits products (ARADHITA; GUPTA; DHAWAN, 1996; KUCHI et al., 2014; PAUL et al., 2007). The decrease in pectin content is probably due to oxidation of pectin to pectin acids and further in to uronic acids (KUCHI et al., 2014).

The A_w values (Table1) after processing was decreased significantly ($p < 0.05$) from 0.98 to 0.88 and during storage time was decreased in range from 0.88 to 0.84 (Figure 1). These findings agreed with those of Mesquita et al. (2013) who reported a significant reduction in A_w of guava diet jams over a 180-day storage period. According to Mesquita et al. (2003) and Zambiasi, Chim and Bruscatto (2006), the reduction of water activity value can help to control the growth of bacteria, yeasts and molds. In addition, Broomes and Badrie (2010), support that water activity determine the lower limit of water for microbial growth. In general, the minimum limit for molds and yeast growth is 0.8 and 0.85, respectively. However, considering the results obtained in this

work, the mangaba jam was not self-preserved because the water activity values are not low enough to control microbial growth or chemical reactions. The principal microbiological problems are molds and yeast, not bacteria. The reduction in water activity values observed in this work might be due to addition of sugar during formulation of the product. According to Splittstoesser (2004), sugar is a good depressor of water activity, and other water binding components in formulated products make an important contribution in decreasing water activity.

The pH and level of acidity in fruit pulp are important physicochemical parameters which affect product quality; to a large extent, pH together with acidity influence gel formation in jams and jellies and acidity also protects against the development of microorganisms (TOUATI, N. et al, 2014). pH values and titratable acidity after processing ranged from 3.31 to 3.40 and 1.36 to 0.87 g.100g⁻¹, respectively (Table 1). During storage time (Figure 2), there was a decrease in pH value and increase in titratable acidity and, the values ranged from 3.40 to 3.27 and 0.87 to 0.92g.100g⁻¹, respectively. These results are in complete agreement with other authors (AKHTAR et al., 2010; BAJWA et al., 2003; HUSSAIN; SHAHIR, 2010; KHAN et al., 2012; MUHAMMAD et al., 2008; SOGI; SINGH, 2001; SOUAD; JAMAL; OLORUNNISOLA, 2012; TOUATI et al., 2014). The increase in titratable acidity and decrease in pH may be due to formation of hydroxymethylfurfural (HMF) by hydration of sugar during processing and storage which lead to conversion of HMF into levulinic and formic acids (LEBLANG et al., 2009). In addition, this increase in titratable acidity and decrease in pH might also be due to ascorbic acid degradation, hydrolysis of pectin or degradation of polysaccharides and oxidation of reducing sugar (BAJWA et al., 2003; HUSSAIN; SHAHIR, 2010; SOUAD; JAMAL; OLORUNNISOLA, 2012). Despite of the variations in pH and titratable acidity during storage time, the values are in line with the standard

value of good quality jam and also in accordance with previous studies reported by Jackix (1988) and Lopes (2007) who consider that the optimum pH and acidity for gel formation range from 3.0 to 3.4 and 0.5 to 0.8 g.100g⁻¹, respectively. According to Elistiasih and Ahmad (2009), if the pH is too high, it causes rigidity to gel, whereas if the pH is too low cause syneresis.

Sugars are the most important constituents of fruit product and are essential factor for the flavor of the food product and act as a preservative to inhibit the growth of microorganisms because it increases the osmotic pressure with a consequent reduction in the water activity; it also makes gelation of pectin possible (FERREIRA et al., 2004; HYVÖNEN; TÖRMÄ, 1983; PAVLOVA et al., 2013). Total soluble solids increased significantly ($p < 0.05$) after jam processing (by 241%) when compared with mangaba fruit pulp. This increase in total soluble solid content is related to addition of sugar during the formulation of product. The total soluble solids contents also increased significantly during storage period from 64,52% (zero time) to 66,25% (9 months) followed by slight decrease, 65,94%, up to the 12 month. This increase in total soluble solids is probably due to the hydrolysis of polysaccharides such as starch, pectin from pulp and inversion of sucrose into simple sugars (glucose + fructose) with increase in acidity and decrease in pH during storage time (IMTIAZ; IFTIKHAR, 2010; MGAYA-KILIMA et al., 2014; MUHAMMAD et al., 2008). These results were well supported earlier by Riaz, Mohyuddin and Al Haq (1999) who observed increase in total soluble solids of strawberry jam during 3 months of storage. In another study Ehsan et al. (2002) reported an increase in total soluble solids of watermelon lemon jam from 68.6 to 68.9%. According to Pavlova et al. (2013) the reduction of soluble solids contents could be due to the contribution of the reducing sugars to non-enzymatic browning phenomenon and Hydroxymethylfurfural (HMF) formation. However, the changes in the total soluble solid contents found in this study during storage

time, were according to the value imposed by Codex Alimentarius Standard (CODEXSTAN, 2009) which set 60 % as minimum limit of soluble solids for fruit conserves or preserves.

Nitrogen-free extract (NFE) which represent mainly carbohydrates and in case of mangaba jam it indicate sugar, increased significantly after jam processing from 11.89 to 66,95 g.100g⁻¹ and during storage time was found to decrease from 66.95g.100g⁻¹(zero time) to 65.57g.100g⁻¹(9 months) followed by an increase, 66.90g.100g⁻¹ for the rest period of storage. The increase in NFE content after processing can be due to addition of sugar during the formulation of product. The reduction observed during storage time might be due to the contribution of the reducing sugars to non-enzymatic browning phenomenon and HMF formation during storage time while the increase can be attributed to the inversion of sucrose to reducing sugar (PAVLOVA et al., 2013).

Total energy value after jam processing was found to significantly increase (296.89%) and during storage time decreased from 277.19 kcal.100g⁻¹(zero time) to 266.91 kcal.100g⁻¹(9 months) followed by an increase, 271.05g.100g⁻¹ during the rest period of storage. The increase in total energy value after jam processing can be due to addition of sugar during the formulation of product and the reduction during storage time could be probably due to the contribution of the reducing sugars to non-enzymatic browning phenomenon and HMF formation during storage time while the increase can be explained by the inversion of sucrose to reducing sugar (PAVLOVA et al., 2013).

Color is one of the most important parameters to which consumers are sensitive when selecting foods (TOUATI et al., 2014). From results (Table 1) it can be noticed that all variables color (L*, C*, and °hue) were significantly (p<0.05) affected by processing and storage time, the most important being L* values. After processing L* values decreased from 60.46 to 37.26 and during

storage time decreased in range from 37.26 to 33.3 (Figure 3). Lightness (L^*) has been used by several authors as an indicator of fruits and vegetable deterioration (MASTROCOLA; LERICI, 1991). In this present work, the reduction of lightness values indicate that the jam was losing its particular color from initial yellow to reddish tones, probably due to the formation of brown pigments, for example hydroxymethylfurfural (HMF) by Maillard reaction and during ascorbic acid oxidation (CHAUHAN et al., 2013; FENNEMA, 2000; TOUATI et al., 2014). Similar results were reported by Damiani et al. (2012) during storage of a mixed araçá and marolo jam. In addition, Alves de Oliveira (2015) observed a significant decrease of lightness during storage of diet umbu-caja jams stored under room temperature. The chroma (C^*) and $^{\circ}$ hue values also decreased significantly ($p < 0.05$) after jam processing, by 22.22% and 10.77%, respectively, and decreased during storage time from 31.80 to 27.91 and 76.34 to 6. The explanation for this reduction could be due to pigment degradation. According to Rein and Heinonen (2004) the noticeable color of mangaba jam depends on the relative amount of red and yellow, which is expressed as $^{\circ}$ hue, whereas the chroma (C^*) value describe saturation or color intensity, in which jam with higher chroma (C^*) value are brighter and consequently more attractive (KIRCA; ÖZKAN; CEMEROGLU, 2007). Thus, the reduction in hue and C^* values would also indicate a change in color towards a more red-brown color.

With respect to microbiological analysis of jam, results (Table 2) showed that no detectable *Salmonella sp.* or coliforms at 35°C or 45 °C was observed during 12 months of storage period. The only microorganisms found were fungi and yeasts. However, the number of present microorganisms (fungi and yeasts) were within the permissible limits according to the regulation on microbiological criteria for foodstuffs imposed by RDC n° 12 (ANVISA, 2001) and World Health Organization - WHO (1994), which establish a maximum

viable count of 10,000 CFU.g⁻¹ for fungi and yeasts in cooked food like jam. Thus, these findings suggest that the jam was processed under good conditions prescribed in the Regulation for special security requirements during food processing. Splittstoesser (1996) reported that when a fruit pulp is heated after sugar content is increased, the effect of temperature will act synergistically on the microorganisms, preventing multiplication, spore formation, and toxin formation. In addition, high levels of sugar added to fruit pulp may also result in some osmotic dehydration of microorganisms, which can affect their biological functions.

Regarding to sensory evaluation, it was noticed that among 500 panelists (100 in each time of analysis) who took part at the analysis 64,6% were female and 35,4% male. The results (Figure 3) also showed that the mean scores of sensory attributes in respect of taste, texture and overall acceptability were significantly ($p < 0.05$) affected by storage time, whereas no significant difference during 12 months was observed for color (7.31) and flavor (7.17). In general, the means scores for taste ranged from 7.17 to 7.57 throughout the storage time. It was noticed that taste scores increased (7.89) up to 6 months of storage and then decreased during the rest period of storage. The texture mean score was increased to maximum score (7.86) up to 3 months of storage time and then decreased (7.72) up to 9 months, followed then by slight increased until the end of storage time. With respect to overall acceptability and purchase intention during the storage period, the panelists allocated scores means around (7.6) for overall acceptability which in concept is between “I like moderately” and “I like very much” and for purchase intention around (4.0) which mean “I would probably buy”. The overall acceptability mean score in general was noted to range from 7.33 to 7.54. It was observed that the overall acceptability score was increased to maximum score (7.85) up to 6 months and then decreased with the advancement of storage time. Despite of changes observed in the sensory

attributes during storage time, findings obtained from this study suggest that mangaba jam presented a good sensory acceptance and high purchase intent of consumers, thereby indicating that this fruit has a potential for industrialization and consumption.

The data on texture profile analyses (TPA) of mangaba jam during storage time of 12 months are presented in (Figure 4). The TPA can be considered as an imitation of the mastication operation and may be used to predict the behavior of a semi solid food in the mouth (BESBES et al., 2009). The peak force of the first compression cycle is considered as hardness. Results (Figure 3) showed that all TPA parameters presented significant ($p < 0.05$) variations during storage time, except for springiness. The hardness values increased significantly from 0.29 to 0.69N. Similar results were reported by Oliveira et al. (2014) who found an increase of hardness values while studying the stability of conventional umbu-caja jellies during storage at ambient conditions. In another study Kopjar et al. (2009) also found an increase of hardness values during storage of strawberry jelly. The increase in hardness might be due to the addition of sucrose and suitable thickeners such as pectin during jam processing and reduction of pH (high acidity). Royer et al. (2006), reported that both sugar and pectin have influence on textural properties of prepared jellies. Pectin is the gelling agent responsible for gel formation and forms a network of fibril with water; sugar act as a dehydrating agent which disturbs the equilibrium existing between water and pectin (BASU; SHIVHARE, 2010). The cohesiveness of jam indicate how well it resist a second deformation relative to the first one. The results showed that during storage time the cohesiveness values of mangaba jam ranged from 0.59 to 0.45. These significant decrease in cohesiveness values shows that this product could not be safe from exudation phenomenon during storage time. Adhesiveness is an important parameter for food products. It measures the work necessary to

overcome the attractive forces between the surface of the probe and the sample material. Thereafter, this variable may allow to predict the degree of adhesion of food on the teeth (BESBES et al., 2009). Results (Figure 4) showed that during storage time in general the adhesiveness values was noted to range from 2.43 to 4.92N with a significant decrease between 6 and 9 months of storage. For springiness, during storage time the mean values were statistically the same ($p>0.05$), with mean values springiness of 28.75. Similar observation was found by Masmoudi et al. (2010) who did not found change in springiness values during characterization of jellies with reduced sugar. The chewiness is the product of the hardness, the cohesiveness and the springiness. Results related to chewiness showed that in general the values mean ranged from 5.19 to 9.48 $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ during storage time. It was noticed that there was a decrease between 3 and 9 months followed by an increase to a maximum value of 9.48 at 12 months of storage. The gumminess which represent the denseness that persists through mastication ranged from 0.17 to 0.34N and the tendency was similar to that relative to chewiness. Although it was found in this work that the moisture content increased (29.26 to 31.54%) during the storage time, the increase in cohesiveness and chewiness could be probably attributed to the addition of thickeners, essentially pectin during processing (AL-HOOTI; JIUAN; QUABAZARD, 1995; FAYADH; AL-SHOWIMAN, 1990). The decrease tendency observed in some of the texture profile parameters might be possibly due to the storage conditions that may have had an influence on the jam constituents.

Rheological properties are important for foods, such as jam, in the design of flow processes, quality control, storage and in predicting food textures (HEIMLICH; BÓRQUEZ; CÉSPEDES, 1994; HOUGH et al., 1991). As useful tool, rheological properties determine product texture, thus affecting sensory attributes and, ultimately, consumer acceptance of a product (DEMIATE;

KONKEL; PEDROSO, 2001; GARITTA; HOUGH; SÁNCHEZ, 2004; KONKEL et al., 2004). Results presented in Figure 5 showed that during 12 months of storage time the rheological behavior of mangaba jam was found to exhibit a non-Newtonian behavior with pseudoplastic characteristics which indicate that their viscosity decrease as the shear rate increases. From results (Figure 5) it can also be noticed that the shear stress increased with an increase in shear rate. Similar results have also been reported by Santanu and Shivhare (2010) and Alvarez, Cancela and Maceiras (2006) for mango, apricot, strawberry, peach and raspberry fruit jam. Experimental results (Table 3) of shear stress and shear rate indicate that Newton's law model showed the poorest fit with lowest coefficient of regression (R^2) values in each time of analysis for all the samples investigated. The other two models Power Law and Herschel-Bulkley both seemed to be more suitable with close coefficient of regression (R^2) values. However, among the two models, Herschel-Bulkley was found to be more fitted for mangaba jam due to the good coefficient of regression (R^2) values during the 12 months of storage time. These results are in line with those of Santanu and Shivhare (2010) and Marjan and Johari (2010) who strongly indicate that the Herschel-Bulkley model is best fitting model for fruit jam and jelly.

With respect to apparent viscosity results (Figure 5) revealed that mangaba jam generally showed a significant ($p < 0.05$) increase of apparent viscosity values and at later stage this values decreased with the advancement of storage time. The general range was noted from 1.56 to 1.64 Pa.s⁻¹ during 12 months of storage time. It was observed that apparent viscosity value was increased to a maximum value of 1.96 Pa.s⁻¹ up to 9 months of storage time and then decreased to 1.64 Pa.s⁻¹ at the end of storage period. The increase in apparent viscosity during storage time might be due to the addition of sucrose and suitable thickeners such pectin during formulation of mangaba jam. Earlier

studies Chen and Joslyn (1967), reported that change in viscosity jelly was due to the presence of sugar. In another study, Yoo et al. (2009) reported that pectin solutions behave like pseudoplastic, which depends on the raw material; any alteration in this conditions finally cause changes in apparent viscosity. In addition, sucrose increases the viscosity of pectin solutions (CHEN; JOSLYN, 1967).

CONCLUSIONS

Processing of mangaba fruit pulp into jam resulted in a significant decrease in all physicochemical variables and nutritional composition except total soluble solid, NFE, total energy value, total and soluble pectin which increased after processing.

Among two factors studied in this work, only storage time influenced ($p < 0.05$) significantly jam quality while no significant difference was found with respect to the packing material type. However, ash, dietary fiber, springiness and some sensory attributes (color and flavor) did not change during storage time.

The rheological properties results showed that mangaba jam behaves as a pseudoplastic fluid and Herschel-Bulkley model was most suitable rheological model describing the behavior of mangaba jam.

ACKNOWLEDGMENTS

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

REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Available in: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Access in: June, 06, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 2001. Available in: <http://portal.anvisa.gov.br/RDC_12_2001.pdf>. Access in: June, 08, 2016.

AKHTAR, S. et al. Physicochemical, microbiological and sensory stability of chemically preserved mango pulp. **Journal of Botany**, 4(2):853–862, 2010.

AL-HOOTI, S.; JIUAN, S.; QUABAZARD, H. Studies on the physico-chemical characteristics of date fruits of five UAE cultivars at different stages of maturity. **Arab Gulf Journal**, 13:553–569, 1995.

ALVAREZ, E.; CANCELA, M. A.; MACEIRAS, R. Effect of Temperature on Rheological Properties of Different Jams, **International Journal of Food Properties**, 9:135-146, 2006.

ALVES DE OLIVEIRA, E. N. et al. Physicochemical stability of diet umbu- caja jams stored under ambient conditions. **Journal of Food Processing and Preservation**, 39(1):70–79, 2015.

ALVES, R. E. et al. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: a case study with acerola. **Acta Horticulturae**, 773:299–305, 2008.

ARADHITA, B.; GUPTA, O. P.; DHAWAN, S. S. Comparison of guava hybrids with commercial cultivars for making jelly. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, 25:196–204, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2012.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S.; GARRUTI, D. S. Alterações químicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. p. 37-59.

BAJWA, E. E. et al. Development, standardization and storage studies on grape fruit apple marmalade. **Pakistan Journal of Food Science**, 13(3/4): 1-15, 2003.

BASU, S.; SHIVHARE, U. S. Rheological , textural , micro-structural and sensory properties of mango jam. **Journal of Food Engineering**, 100(2):357-365, 2010.

BEECHER, G. Phytonutrients role in metabolism: Effects on resistance to degenerative processes. **Nutrition Reviews**, 57:3–6, 1999.

BESBES, S. et al. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. **Food Chemistry**, 112:406–411, 2009.

BIRCH, G. G.; PARKER, K. F. **Dietary fiber**. London: Applied Sciences, 1983. 304 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, 4(4):330-334, 1962.

BROOMES, J.; BADRIE, N. Effects of low-methoxyl pectin on physicochemical and sensory properties of reduced- calorie sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) jams. **The Open Food Science Journal**, 4(1):48-55, 2010.

BUEDO, A. P.; ELUSTONDO, M. P.; URBICAIN, M. J. Amino acid loss in peach juice concentrate during storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 1(4):281–288, 2000.

CARDOSO, M. C. et al. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, 69(2):89–99, 2014.

CHAUHAN, O. P. et al. Utilization of tender coconut pulp for jam making and its quality evaluation during storage. **Food and Bioprocess Technology**, 6:1444–1449, 2013.

- CHEN, T. S.; JOSLYN, M. A. The effect of sugars on viscosity of pectin solutions: II. Comparison of dextrose, maltose, and dextrans. **Journal of Colloid and Interface Science**, 25:346–352, 1967.
- CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, 44(7):1658-1670, 2011.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex standard for jams, jellies and marmalades**. Rome, 2009. 10 p. Available in: <<http://www.codexalimentarius.org>>. Access in: June, 02, 2016.
- DAMIANI, C. et al. Study of the shelf-life of mixed araçá (*Psidium guineensis* Sw.) and marolo (*Annona crassifolia* Mart.) jam. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 32(2):334-343, 2012.
- DEMIATE, I. M.; KONKEL, F. E.; PEDROSO, R. A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso- composição química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 21(1):108-114, 2001.
- DHINGRA, D. et al. Dietary fibre in foods: a review. **Journal of Food Science and Technology**, 49(3):255–266, 2012.
- EHSAN, E. B. et al. Development, standardization and storage studies on watermelon lemon jam, Pakistan. **Journal of Food Science**, 12(3/4): 21-24, 2002.
- ESTIASIH, T.; AHMADI, K. **Teknologi Pengolahan Pangan**. Jakarta: Bumi Aksara, 2009. p. 236-237.
- FAYADH, J. M.; AL-SHOWIMAN, S. S. Chemical composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). **Journal of Chemical Society Pakistan**, 12:84-103, 1990.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(6):1039-1042, 2011.

FERREIRA, H. C. et al. Endothelium-dependent vasodilation induced by *Hancornia speciosa* in rat superior mesenteric artery. **Phytomedicine**, 14: 473-478, 2007.

FERREIRA, I. M. P. L. V. O. et al. Quince jam quality: Microbiological, physicochemical and sensory evaluation. **Food Control**, 15:291–295, 2004.

GARITTA, L.; HOUGH, G.; SÁNCHEZ, R. Sensory shelf life of dulce de leche. **Journal of Dairy Science**, 87(6):1601-1607, 2004.

GRANADA, G. G. et al. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de Geléias light de abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25:629-635, 2005.

GROSCH, W.; WIDDER, S.; SEN, A. Changes in the flavour compounds of butterfat during storage. In: ROTHE, M.; KRUSE, H. P. **Aroma production and application** (Ed.). Berlin: Deutsche Institute für Ernährungsforschung, Potsdam-Rehbrücke, 1992. p. 147–154.

HEIMLICH, W.; BÓRQUEZ, R.; CÉSPEDES, I. Effects of milk replacement by whey protein concentrates on the rheological properties of dulce de leche. **LWT - Food Science and Technology**, 27:289-291, 1994.

HOUGH, G. et al. Effect of composition on non-enzymatic browning rate in dulce de leche-like systems. **Anales de la Asociación Química Argentina**, 79(1):31-40, 1991.

HOWARD, L. A. et al. Beta-carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. **Journal of Food Science**, 64(5):929–936, 1999.

HUSSAIN, I.; SHAKIR, I. Chemical and organoleptic characteristics of jam prepared from indigenous varieties of apricot and apple. **World Journal of Dairy and Food Sciences**, 5(1):73-78, 2010.

HYVÖNEN, L.; TÖRMÄ, R. Examination of sugars, sugar alcohols, and artificial sweeteners as substitutes for sucrose in strawberry jam. Products development. **Journal of Food Science**, 48(1):183-192, 1983.

IMTIAZ, H.; IFTIKHAR, S. Chemical and organoleptic characteristics of jam prepared from indigenous varieties of apricot and apple. **World Journal of Dairy and Food Sciences**, 5(1):73-78, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2005. 1018 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganismos de los alimentos 1: técnicas de análisis microbiológico**. Zaragoza: Acríbia, 1982. 431 p.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em caldas: teórico e prático**. São Paulo: Icone, 1988. 172 p.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A. et al. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49(11):5489-5493, 2001.

KANSCI, G.; KOUBALA, B.; LAPE, I. Effect of ripening on the composition and the suitability for jam processing of different varieties of mango (*Mangifera indica*). **African Journal of Biotechnology**, 2(9):301-306, 2003.

KHAN, U. R. et al. Development of strawberry jam and its quality evaluation during storage. **Pakistan International Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, 15(1):23-25, 2012.

KIRCA, A.; ÖZKAN, M.; CEMEROGLU, B. Storage stability of strawberry jam color enhanced with black carrot juice concentrate. **Journal of Food Processing and Preservation**, 31(5):531-545, 2007.

KONKEL, F. E. et al. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24(2):249-254, 2004.

KOPJAR, M. et al. Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. **Czech Journal of Food Science**, 27(1):20-28, 2009.

KVIKLIENE, N.; KVIKLYS, D.; VIŠKELIS, P. Change in fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar (Auksis). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, 14(2):195-202, 2006.

KUCHI, V. S. et al. Standardization of recipe for preparation of guava jelly bar. **Journal of Crop and Weed**, 10(2):77-81, 2014.

LEBLANG, B. et al. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 57(16):7369–7376, 2009.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **Food Chemistry**, 133(4):1577–1587, 2012.

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

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

LOPES, R. L. T. **Fabricação de geleias**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2007. 30 p.

MARJAN, J.; JOHARI, E. Survey on rheological properties of jams. **International Journal of Chemical engineering and Application**, 1(1): 30-37, 2010.

MASMOUDI, M. et al. Preparation and characterization of jellies with reduced sugar content from date (*Phoenix dactylifera* L.) and lemon (*Citrus limio* L.) by-products. **Fruits**, 65(1):21–29, 2010.

MASTROCOLA, D.; LERICI, C.R. Colorimetric measurements of enzymatic and non-enzymatic browning in apple purees. **Italian Journal of Food Science**, 3(4):219-229, 1991.

McCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: principles, practice and techniques**. New York: CRC, 2005. 135 p.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, 24(12):1586-1588, 1952.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. London: CRC, 1991. 287 p.

MESQUITA, K. S. et al. Quality alterations during storage of sugar-free guava jam with added prebiotics. **Journal of Food Processing and Preservation**, 37(5):806–813, 2013.

MESQUITA, P. C. et al. Estabilidade microbiológica, físico-química e sensorial de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.) processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, 23(3):366-369, 2003.

MGAYA-KILIMA, B. et al. Influence of storage temperature and time on the physicochemical and bioactive properties of roselle-fruit juice blends in plastic bottle. **Food Science and Nutrition**, 2(2):181-191, 2014.

MORAES, T. D. M. et al. *Hancornia speciosa*: indications of gastro protective, healing and anti-Helicobacter pylori actions. **Journal of Ethnopharmacology**, 120(2):161-168, 2008.

MOTA, R. V. Caracterização física e química de geleia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26(3):539-543, 2006.

MUHAMMAD, A. et al. Developments of diet jam from apple grown in swat (NWFP). **Sarhad Journal of Agriculture**, 24(3):461- 467, 2008.

NACHTIGALL, A. M. et al. Geleias light de amora-preta. **Boletim do Centro de Processamento de Produtos Agropecuários**, 22(2):337-353, 2004.

OLIVEIRA, E. N. A. et al. Estabilidade de geleias convencionais de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(3):329-337, 2014.

OLIVEIRA, V. B. et al. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds, **Food Research International**, 48(1):170-179, 2012.

PATRAS, A. et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology**, 21(1):3-11, 2010.

PAVLOVA, V. et al. Storage impact on the quality of raspberry and peach jams. **Journal of Hygienic Engineering and Design**, 664:25-27, 2013.

PAUL, S. E. et al. A multivariate approach to study the sensory parameters of guava jelly on the basis of the physico-chemical parameters of guava fruit. **Acta Horticulturae**, 35:561-68, 2007.

QUAST, D. G. Características de qualidade e usos do açúcar cristal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 12(2):50-53, 1986.

- REIN, M. J.; HEINONEN, R. Stability and enhancement of berry juice color. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52(10):3106–3114, 2004.
- RIAZ, M. N.; MOHYUDDIN, G.; AL HAQ, M. I. Physical, chemical and sensory characteristics of jams made from fresh and frozen strawberries, Pakistan. **Journal of Aridland Agriculture**, 2(1):51-60, 1999.
- ROYER, G. et al. Preliminary study of the production of apple pomace and quince jelly. **Food Science and Technology**, 39(9):1022-1025, 2006.
- RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 121(4): 996–1002, 2010.
- SANTANU, B.; SHIVHARE, U. S. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. **Journal of Food Engineering**, 100(2):357-365, 2010.
- SATISH, V. et al. Effect of packing materials on bio-chemical and organoleptic characteristics of Guava Jelly Bar during storage. **Environment & Ecology**, 33(2):800-803, 2014.
- SILVA, J. A. et al. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa, 2003.179 p.
- SOGI, D. S.; SINGH, S. Studies on bitterness development in Kinnow juice, ready to serve beverage squash jam and candy. **Journal of Food Science and Technology**, 38(5):433-438, 2001.
- SOUAD, A, M.; JAMAL, P.; OLORUNNISOLA, K. S. Effective jam preparations from watermelon waste. **International Food Research Journal**, 19(4):1545-1549, 2012.
- SPLITTSTOESSER, D. F. Microbiology of fruit products. In: SOMOGYI, L. P.; RAMASWAMY, H. S.; HUI, Y. H. (Ed). **Processing fruits: science and technology**. Lancaster: Technomic, 2004. 861 p.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. California: Academic, 2004. 377 p.
- THEUWISEN, E.; MENSINK, R. P. Water-soluble fibers and cardiovascular diseases. **Physiology & Behavior**, 94(2):285-292, 2008.

TOUATI, N. et al. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. **Food Chemistry**, 145:23–27, 2014.

VENIR, E. et al. Structure related changes during moistening of freeze dried apple tissue. **Journal of Food Engineering**, 81(1):27-32, 2007.

VIDHYA, R.; NARAIN, A. Formulation and evaluation of preserved products utilizing under exploited fruit, wood apple (*Limonia acidissima*). American-Eurasian **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, 10(1):112-118, 2011.

VIEIRA, R. F. et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.

WHITAKER, J. R. Naturally occurring peptide and protein inhibitors of enzymes. In: AYRES, J. C.; KRISHMAN, J. C. (Ed.). **Impact of toxicology on food processing**. Westport: AVI, 1981. p. 57-104.

WICKLUND, T. et al. Antioxidant activity capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **Journal of Food Science and Technology**, 38:387-391, 2005.

WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. **Nutrição básica**. São Paulo: Savier, 1982. 80 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guideline value for food and drinking water**. Switzerland, 1994. p. 3.

YOO, Y. H. et al. Functional characterization of the gels prepared with pectin methylesterase (PME)-treated pectins. **International Journal of Biological Macromolecules**, 45(3):226-230, 2009.

ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F.; BRUSCATTO, M. Avaliação das características e estabilidade de geleias light de morango. **Alimentos e Nutrição**, 17(2):165-170, 2006.

TABLES AND FIGURES

Table 1 - Effect of processing on physicochemical properties of mangaba jam. ^a

Variables	Mangaba pulp	Mangaba jam
Moisture (g.100g ⁻¹)	80,55 ± 0,82	29,26 ± 0,04
Fat (g.100g ⁻¹)	1,88 ± 0,82	0,45 ± 0,04
Protein (g.100g ⁻¹)	1,35 ± 0,82	0,92 ± 0,04
Ash (g.100g ⁻¹)	0,42 ± 0,03	0,26 ± 0,02
Total dietary fiber (g.100g ⁻¹)	3,91 ± 0,09	1,77 ± 0,06
Total Pectin (g. galacturonic acid.100g ⁻¹)	0,75 ± 0,05	6,95 ± 0,16
Water activity (aw)	0,98 ± 0,00	0,88 ± 0,00
Titrateable acidity (g citric acid.100g ⁻¹)	1,36 ± 0,01	0,87 ± 0,01
pH	3,31 ± 0,01	3,40 ± 0,02
Soluble solids (%)	18,90 ± 0,58	64,52 ± 0,52
NFE (g.100g ⁻¹)	11,89 ± 0,26	66,95 ± 0,12
Total energy value (Kcal.100g ⁻¹)	69,84 ± 0,36	277,19 ± 0,25
Value L *	60,46 ± 0,32	37,26 ± 0,66
Croma (C*)	39,86 ± 0,61	31,80 ± 0,35
°hue	85,55 ± 0,14	76,34 ± 0,42

^a Data are expressed as means ± standard deviation (n = 4) fresh matter.

Table 2 - Results from microbiological analysis of mangaba jam after processing and during 12 months of storage time at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).

Samples	Storage time (months)	Microorganisms			
		Fungi and yeasts (CFU.g ⁻¹) ^a	<i>Salmonella</i> (g.25g ⁻¹)	Coliforms at 35°C (MPN.g ⁻¹) ^b	Coliforms at 45°C (MPN.g ⁻¹)
Mangaba pulp	0	Absent	Absent	< 3	< 3
	0	Absent	Absent	< 3	< 3
Mangaba jam	3	Absent	Absent	< 3	< 3
	6	Absent	Absent	< 3	< 3
	9	2x10 ²	Absent	< 3	< 3
	12	1x10 ³	Absent	< 3	< 3
	12	1x10 ³	Absent	< 3	< 3

^a CFU.g⁻¹ = Colony forming units per gram. ^b MPN.g⁻¹ = Most probable number.

Table 3 - Rheological parameters of Newton's Law, Power Law, and Herschel-Bulkley models of mangaba jam after processing and during 12 months of storage time at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).

Sample	Storage time (months)	Newton's law model			Power Law model				Herschel-Bulkey model				
		n (Pa.s)	SSE	R ²	K (Pa.sn)	n (Pa.s)	SSE	R ²	K (Pa.sn)	n (Pa.s)	t	SSE	R ²
Mangaba jam	0	1,36	33,73	59,43	17,71	0,48	3,55	99,47	7,61	0,61	28,22	0,93	99,96
	3	1,45	37,41	55,72	19,73	0,47	4,87	99,13	8,73	0,60	29,22	3,45	99,57
	6	2,25	53,70	63,92	26,81	0,43	6,83	99,33	11,73	0,63	44,18	4,14	99,75
	9	1,50	39,36	54,90	21,51	0,45	5,92	98,89	8,87	0,60	32,06	4,41	99,35
	12	1,24	34,77	43,33	19,90	0,43	3,46	99,31	8,13	0,58	29,76	2,02	99,77

Figure 1 - Changes in physicochemical properties (moisture, fat, protein, total pectin, and aw) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).

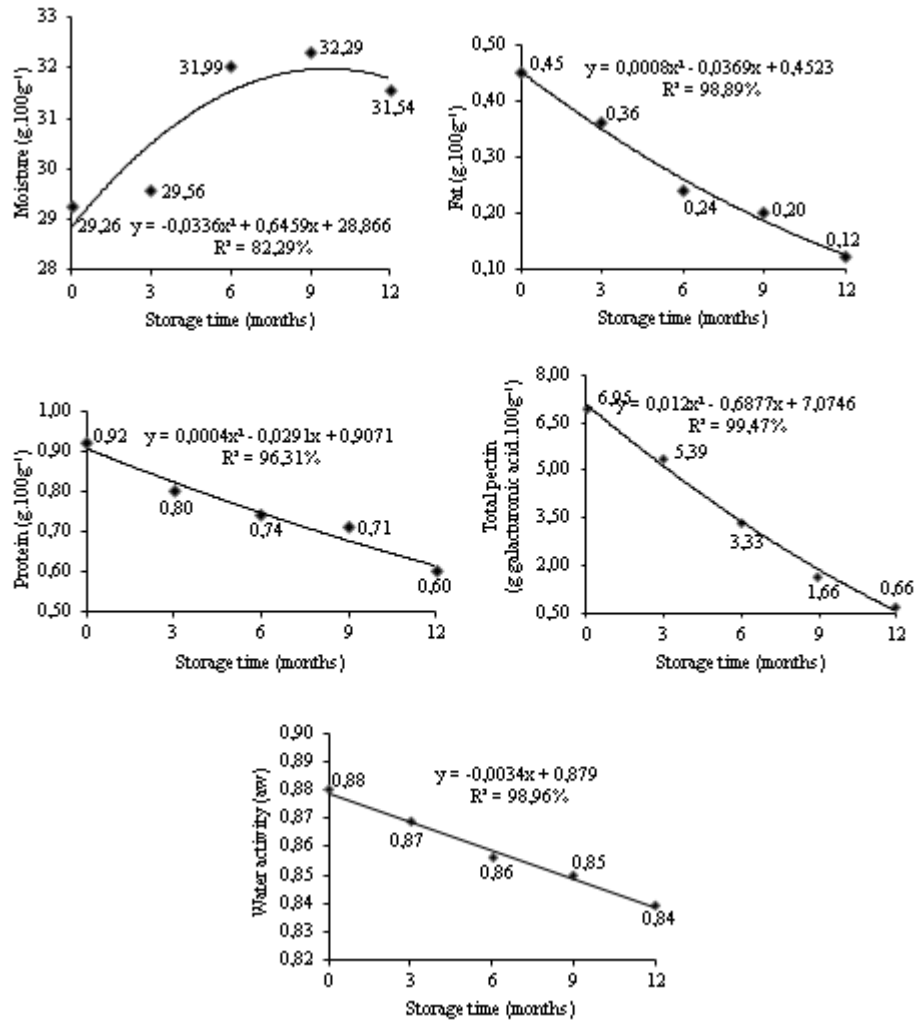


Figure 2 - Changes in physicochemical properties (titratable acidity, pH, total soluble solids, NFE and total energy value) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).

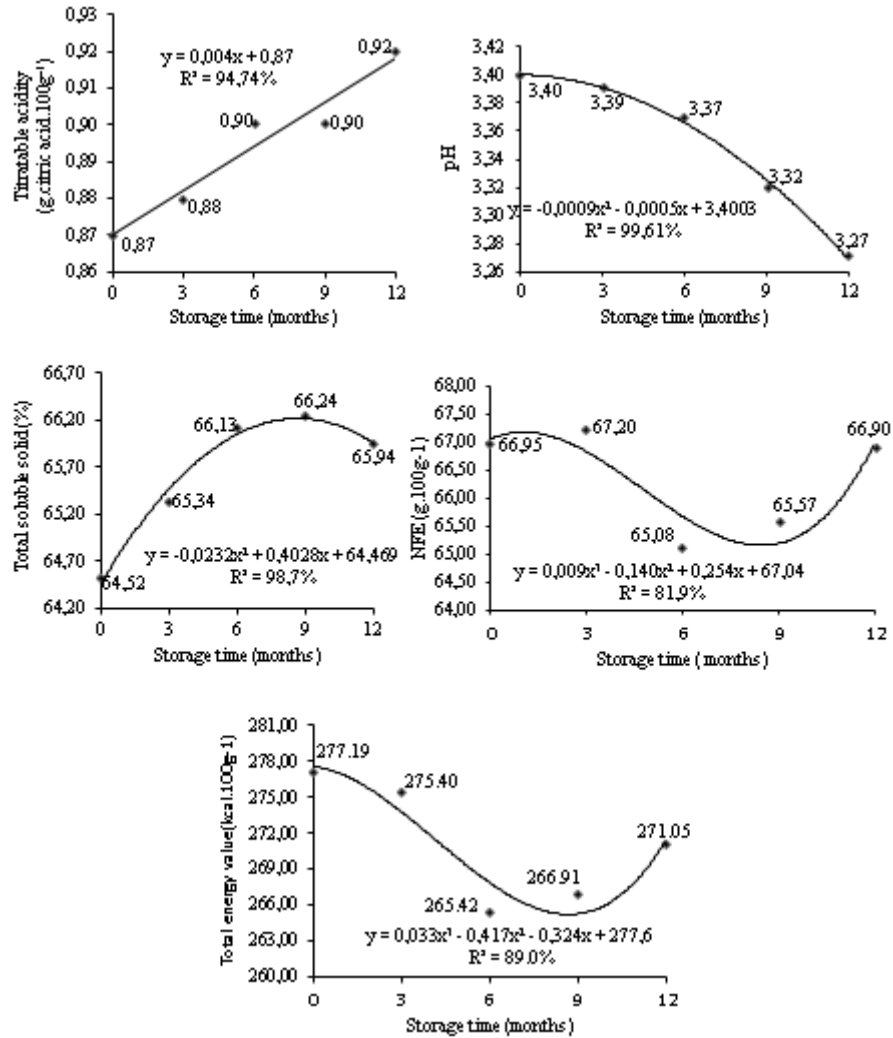


Figure 3 - Changes in color parameters (value L*, value C* and °hue) and sensory attributes (taste, texture and overall acceptability) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\% \text{ RH}$).

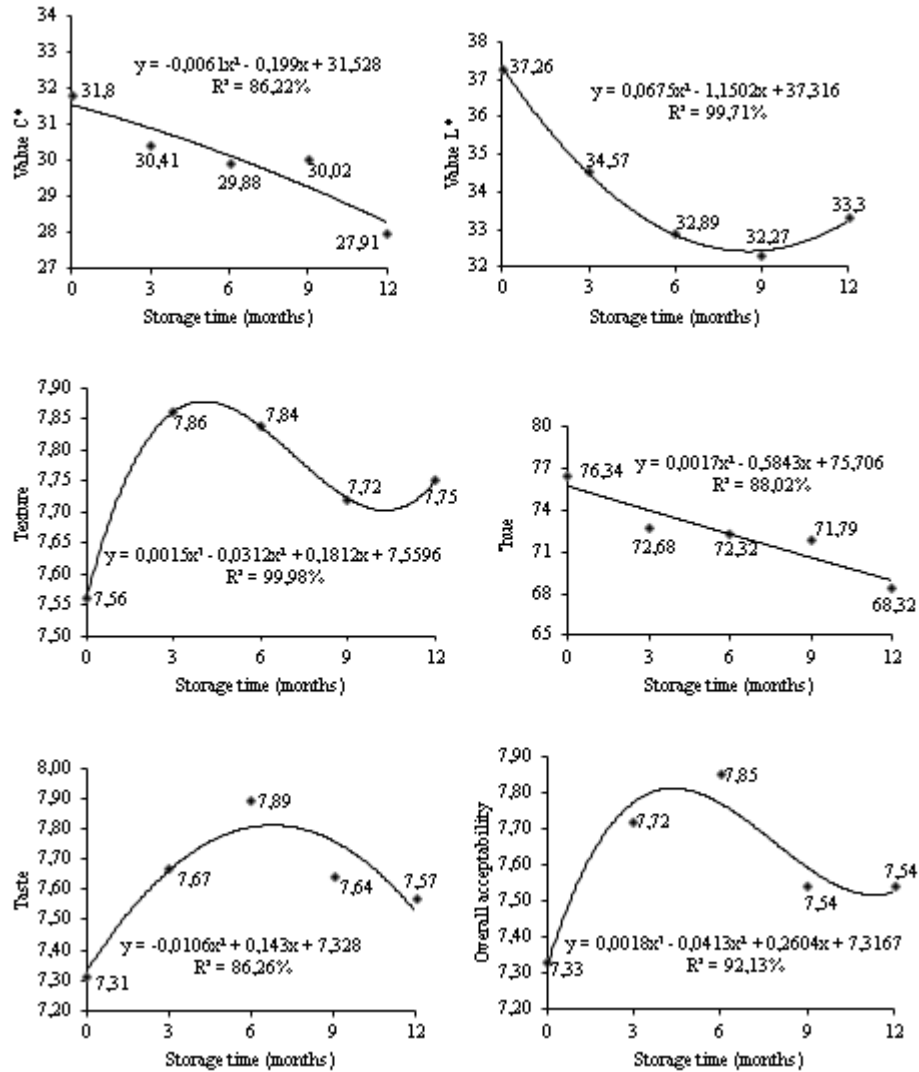


Figure 4 - Changes in texture analysis profile (hardness, adhesiveness, chewiness, cohesiveness and gumminess) of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).

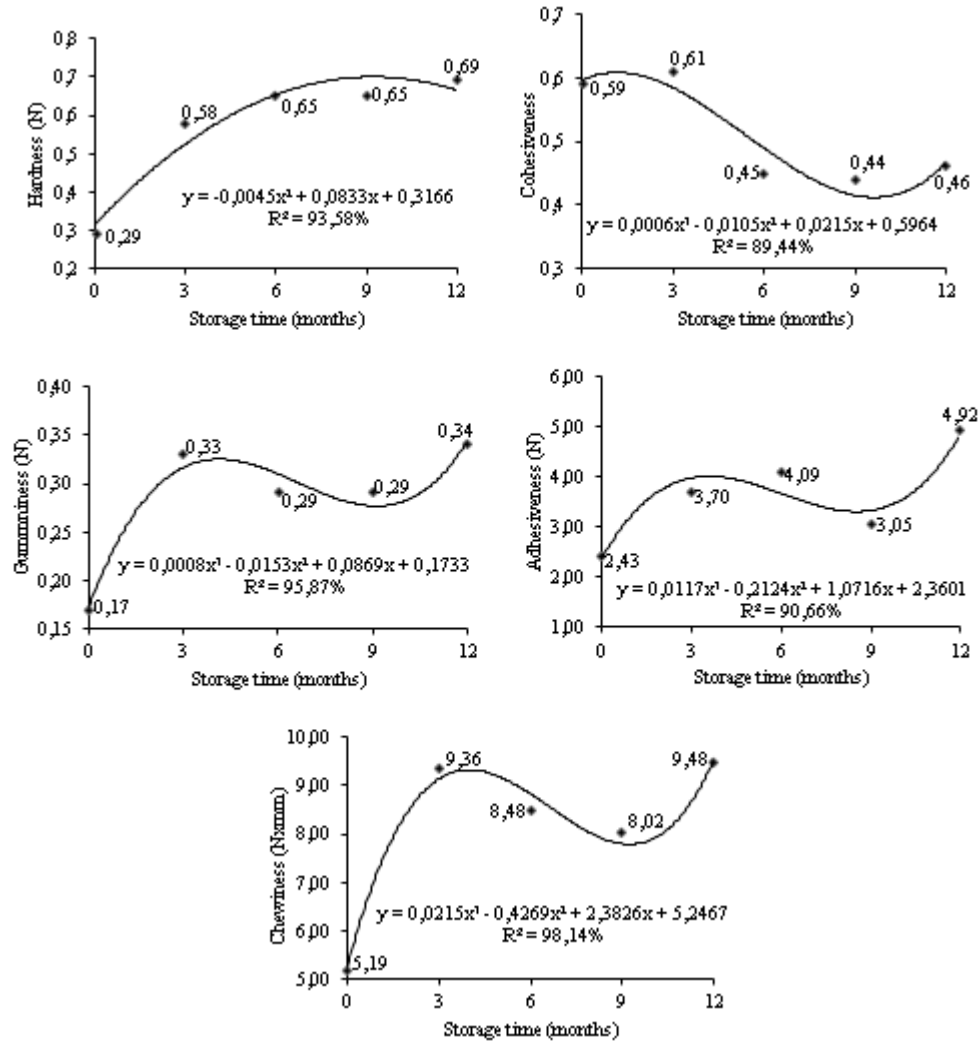
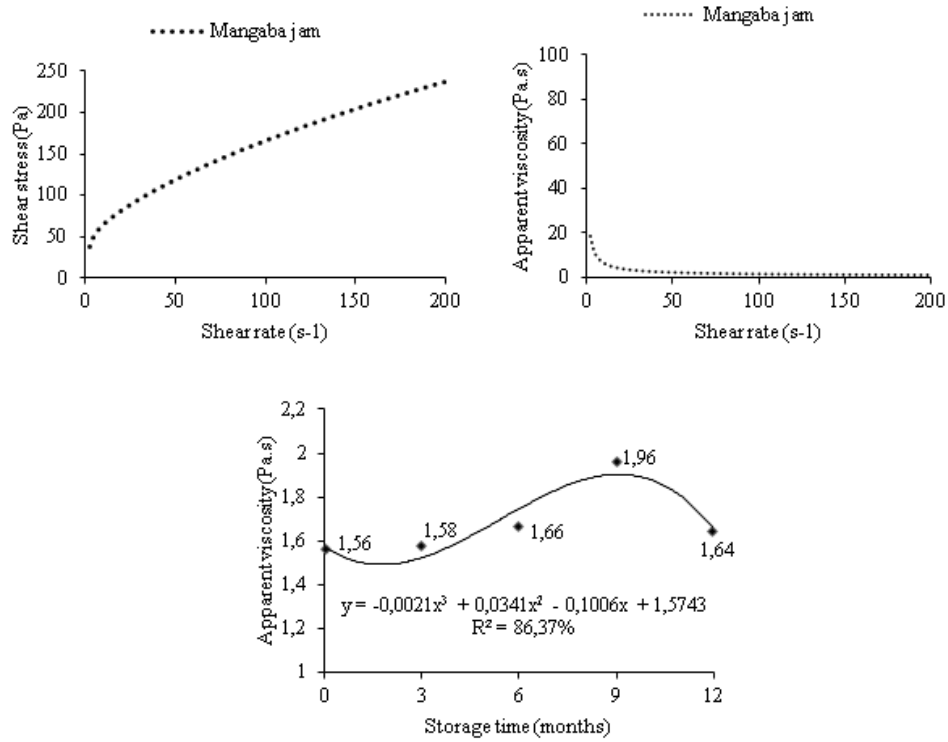


Figure 5 - Changes in rheological properties of mangaba jam during 12 months of storage at room temperature ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $72 \pm 11\%$ RH).



ARTICLE 2

**IMPACT OF PROCESSING, PACKAGING MATERIAL AND
STORAGE TIME ON BIOACTIVE AND VOLATILES COMPOUNDS
OF MANGABA FRUIT (*Hancornia speciosa* Gomes) JAM**

Journal of Plant Foods for Human Nutrition-ISSN: 1573-9104

Elídio Zaidine Maurício Zitha¹, Patrícia da Silva Machado¹, Ana Beatriz Silva
Araújo¹, Heloísa Helena de Siqueira Elias¹, Elisângela Elena Nunes Carvalho¹,
Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹

1. Department of Food Science, Federal University of Lavras, 37200-000
Lavras, MG, Brazil

ABSTRACT

The Brazilian cerrado is rich in exotic fruits species with peculiar sensory attributes and good source of bioactive compounds but its potential has not been exploited. The aim of the present study was to evaluate the impact of processing, packaging material (amber and clear glass jars) and storage time on the stability of the bioactive compounds (total phenolic and Vitamin C), volatile compounds and antioxidant capacity (assayed by ABTS, DPPH, and β -carotene bleaching) of mangaba (*Hancornia speciosa*) jam during 12 months of storage. In addition, HPLC-DAD/UV-Vis analyses were carried out to identify and quantify individual phenolic compounds; SPME/GC-MS analyses were performed to identify volatile compounds. The obtained data proved that mangaba fruit pulp is a rich source of bioactive compounds and present high antioxidant capacity. Jam processing significantly ($p < 0.05$) decreased the bioactive compounds (TPC and Vitamin C) and antioxidant capacity. Among the two factors (packaging material and storage time) it was observed that only the storage time significantly ($p < 0.05$) influenced all the variables studied in this work. During jam storage, also, a significant decrease of the bioactive compounds and antioxidant capacity was observed. HPLC-DAD/UV-Vis analyses allowed to identify 10 phenolic compounds, including flavonoids and non-flavonoids and among these, quercetin and catechin were the major compounds. After processing, all these compounds decreased significantly ($p < 0.05$) except gallic acid and p-coumaric acid who presented an increase tendency. During jam storage, only gallic acid, caffeic acid, catechin and rutin were affected. GC-MS analyses tentatively identified 32 compounds volatiles in mangaba pulp fruit. In general, it was found that after jam processing and during storage time there was an increase in the levels of alcohols and reduction of esters.

Keywords: Cerrado fruits. *Hancornia speciosa*. Processing. Antioxidant capacity. Shelf-life.

Abbreviations

ABTS	2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
EC ₅₀	Extract concentration providing half antioxidant activity
FW	Fresh weight
GAE	Gallic acid equivalents
HPLC	High performance liquid chromatography
OI	Oxidation inhibition
TEAC	Trolox equivalent antioxidant capacity
TPC	Total phenolic compound
RI	Retention index
RH	Relative humidity
VCEAC	Vitamin C equivalent antioxidant capacity

Introduction

The Cerrado Biome is the second largest and one of the richest savanna biomes in South America and lodge an immense floral and faunal diversity which covers about 2 million Km², an area approximately the same as that of Western Europe, representing 22% of the land surface of Brazilian territory [1-5]. This biome has a wide different plant species, including a large number of native and exotic fruits species, which have the potential to be used by the agro-industry and a possible future source of income for the local population [6]. However, these fruits have not yet reached a high degree of popularity in national and international markets, and are still underexploited. This lack of interest might be due to consumer's lack of knowledge about their peculiar sensory characteristics, nutritional benefits and therapeutic value [6, 7]. Among those native and exotic fruits, mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) which in native language means "thing good for eating" stand out and is found in the Cerrado biome [8]. Mangaba fruit is an ellipsoid berry that when ripe has yellow skin with or without red pigmentation and with a yellowish exocarp and red stripes or spots [9]. Due to a distinct flavor, aroma and high levels of vitamin C, mangaba fruit is used to make ice cream, nectar cookies, jam, jelly, syrup, juice, wine, alcohol and vinegar [10]. Historically, fruits and vegetables have been considered a rich source of some essential dietary micronutrients, natural sugars, organic acids and fibers [11]. Recently several epidemiological studies around the world suggest that diet high in fruits and vegetables has been significantly associated with a reduced risk of developing of non-transmissible chronic diseases such as diabetes, obesity, atherosclerosis, certain cancer, cardiovascular disease, age-related neurodegenerative disease [12-17], due to their contents of bioactive compounds and antioxidants [18-20]. These bioactive compounds have a very good scavenging activity against oxygen-derived free radicals and retard the oxidation processes which are mostly associated with

several mentioned diseases [21-23]. Growing evidence exists in the recent literature supporting that mangaba fruit is a potential source of antioxidant components and valuable plant secondary metabolites such as flavonoids, flavonols and carotenoids [24-28]. In addition, recent research [29] provided scientific evidences that mangaba fruit pulp is a potential antimutagenic source and it can be considerable a potential functional food with widespread applicability in the food industry.

Volatiles compounds are important aspect of fruit quality for consumers and, consequently, for industry since they are responsible for aroma and flavor of foods. However, the chemical composition and also distribution of aroma compounds depend on the species, environmental conditions and stage of maturity of the fruit [30, 31]. Mangaba fruit contain many volatile compounds including alcohols, aldehydes, terpenes, esters and ketones [32].

Due to the short postharvest life and short production season of mangaba fruit, preservation, usually through processing into jam and jelly represent a good example to increase the availability and consume throughout the year and, consequently add value to the fruit. The levels and functionality of bioactive compounds in fruits are determined by intrinsic factors such as variety, growing and harvesting conditions [33]. However, food processing and subsequent storage conditions have a great influence on the stability of bioactive compounds in fruit and vegetables and their products [34-37]. During processing, several types of oxidative reactions may occur and electrons are removed from atmosphere or molecules and cause the formation of an oxidative form. These reactions may cause browning, loss or changes of flavor or odor, changes in texture, loss of nutritional value from destruction of vitamins and affect the concentration and functionality of bioactive compounds [37]. During storage the shelf life of product can be increased by using suitable packaging material with a barrier against air borne contamination and loss or gain in

moisture, thus ensuring the retention of all the desirable quality of the product during storage [38].

Considering that recently consumers are increasingly demanding for natural and healthy products, the content of bioactive compounds in native and exotic fruits from Brazil has been studied, but no published studies show the impact of processing and storage conditions on the bioactive and volatile compounds. Therefore, the purpose of this work was to develop mangaba jam and investigate the impact of processing and packaging material (amber and clear glass jars) on the stability of bioactive and volatile compounds during 12 months of storage.

Materials and Methods

Plant Material Fruit

The ripe mangaba fruit (*Hancornia speciosa*) was harvested from different trees at the characteristic area of Cerrado (savannah-like vegetation) in Curvelo Town, Minas Gerais State, Brazil (latitude 18° 45' 23" S, longitude 44° 25' 51" W and altitude 632 m). The fruits were transported in polystyrene boxes, from the field to the laboratory, within 24 h after harvest. The fully ripe healthy and fresh mangaba fruit were washed thoroughly with potable water and sanitized with sodium dichloroisocyanurate (Hidrosan®) 200 mg L⁻¹ for 1 minute. The fruits were crushed in skin and strained to separate the seeds and pulped with the use of stainless steel spoons. Then, the seedless pulp was stored in freezer at -18° C until processing.

Chemicals reagents and standards

2,2'-azino-bis (3-ethylbenothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS), Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid), 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH 2.4), Tween 40, 2,2-diphenyl-1-picrylhy-

drazyl(DPPH), β -carotene, chloroform, Phenolic standards: gallic acid, (-)-catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid, trans-cinnamic acid, vanillin, m-coumaric acid, quercetin, p- coumaric acid, o- coumaric acid, n-alkanes standards (C5-C20) were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA); Acetone, L-Ascorbic acid, Gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, methanol, Linolenic acid, 2,6-dichloroindophenol were obtained from Vetec®; sulfuric acid and HPLC grade methanol from purchased from Merck (Darmstadt, Germany). All other reagents were from: Cinética® (oxalic acid), Synth® (ethanol), Analítica® (helium) and Neon® (potassium persulphate). HPLC-grade water was obtained from a MilliQ water purification system (Millipore, Bedford, New Hampshire, USA). All the other chemicals used were of analytical grade.

Preparation of jam

The jam was processed in the pilot plant at Food Science Department of Federal University of Lavras, in 3 batches. Ingredients were pre-weighed and kept separate. After that, the high-methoxy commercial pectin (Vetec ®) was premixed with a portion of the sugar to properly disperse the pectin. Jam formulation expressed relative to total weight was 50% pulp and 50% sugar. In this study, 2000 g of pulp, 2000 g of sugar and 20 g of pectin were used to elaborate mangaba jam in each batch. Initially, sugar was added to the pulp, and with continues manual agitation, the mixture was boiled at low heat in an open stainless steel pan (approximately 100 to 105° C final boiling point) and the sugar premixed with pectin was then, added until obtaining the final concentration around soluble solid value of 67,5%, reading in manual refractometer with a scale from 0 to 90 °Brix. The total time of cooking was approximately 40 min. Subsequently, the jam was hot-packed at 80°C in 40 ml amber and clear glass jars with the same quantity, immediately sealed with metal

cover and inverted for 5 min to sterilize the glass containers. Then, they were returned to normal position and conditioned at room temperature (22 ± 2 °C, $72 \pm 11\%$ RH) until analysis.

Samples extracts preparation

The extracts for antioxidant activity and the total phenolic compounds were obtained according to previous method proposed by [39], with some modifications by [40]. Briefly, 5g samples (mangaba jam and pulp) were weighed in a disposable centrifuge tubes and sequentially extracted with 20 ml of methanol/water (50:50, v/v) at room temperature for 60 minutes. The tubes were centrifuged for 15 min at 14,000 rpm under 4°C. Then, 20 ml of acetone/water (70:30, v/v) was added to the residue at room temperature. After 60 minutes the samples were again centrifuged under the previous conditions mentioned above. At the end both mixed clear supernatant methanol and acetone extracts were completed to a final volume of 50 ml with distilled water and then stored at -80°C until determination of antioxidant activity and total phenolic compounds.

Determination of total phenolic compounds

The total phenolic compounds contents of mangaba jam and pulp were determined by Folin-Ciocalteu method with slight modifications [41]. Briefly, extracts (0.5 ml) were mixed with 2.5 ml of Folin-Ciocalteu reagent (10%) and 2.0 ml of aqueous sodium carbonate (4%) and the contents were then vortexed. The content was mixed well and kept for 2h at room temperature in dark conditions. After 2h, absorbance was measured at 750 nm in the spectrophotometer. Results were expressed as gallic acid equivalents (GAE 100g^{-1} FW) by using a standard curve.

Antioxidant Activity by DPPH Free Radical Scavenging Procedure

DPPH assay was performed according to the method described by [42] and adapted by [40]. Briefly, 0.1 ml of the samples extracts and standards substances (trolox and ascorbic acid) were allowed to react with 3.9 mL of free radical form [2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (60 mM DPPH)] solution previously diluted in methanol for 80 minutes in dark conditions, and the decrease of absorbance was measured after 80 minutes of reaction at 515 nm. The standards curve of Trolox and ascorbic acid were similar to those of ABTS method described above. The results were expressed as EC₅₀, the extract concentration of DPPH radical providing 50 % antioxidant activity (EC₅₀) and, for standards the results were expressed as TEAC and VCEAC.

Antioxidant Activity by ABTS Free Radical Scavenging Procedure

The ABTS [(2,2'-azino-bis (3-ethylbenzenothiazoline-6-sulphonic acid)] was performed according to [42] with some modifications by [40]. ABTS (7 mM) and potassium persulfate (2.45mM) solutions were mixed and stored at room temperature for 16h in dark conditions. The resultant ABTS stock solution was diluted with ethanol to obtain absorbance of 0.70± 0.05 units at 734 nm to prepare the ABTS working solution. Then, 30 µL of the samples extracts or standards substances (Trolox and ascorbic acid), were allowed to react with 3 mL of ABTS working solution under dark conditions. The decrease of absorbance at 734 was read after 6 min of reaction. The standard was linear between 0 – 2000 µM Trolox and 0- 20 mg of ascorbic acid/100g. Results were expressed as TEAC and VCEAC.

Antioxidant Activity by β-carotene bleaching method

β-carotene bleaching was carried out according to [43]. Briefly an aliquot of an emulsion of β-carotene, linoleic acid and Tween 40 was diluted

with an aerated distilled water to obtain absorbance between 0.6 and 0.7 units at 470 nm to prepare the β -carotene working solution. Then, 0.4 ml of the sample was mixed with 5 ml of working solution and incubated in water bath at 40°C. After 120 minutes, the absorbance was read at 470 nm using spectrophotometer. The antioxidant activity of the samples was expressed as percentage of oxidation inhibition.

Determination of Vitamin C Content

The vitamin C content was determined by a colorimetric procedure with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH 2.4), according to [44]. The content was measured in a spectrophotometer at 520 nm. Results were expressed as mg ascorbic acid 100g⁻¹ FW.

Phenolic profile

The extracts used to quantify the phenolic compounds by HPLC-DAD/UV-Vis analysis were obtained according to the procedure described by [45]. Briefly, 2.5g of sample was extracted with 20 mL solution containing methanol 70% methanol (v/v) HPLC grade. The extracts were vortexed and placed in an ultrasonic bath at room temperature for 60 minutes. Extracts were then centrifuged at 1500 rpm (25,406.55g) and 4°C for 15 minutes subsequently filtered through 14 μ m Whatman n° 2 filter paper. Before injection the centrifuged supernatant was allowed to pass through a 0.45 μ m PTFE filter (Millipore Corp., Bedford, MA).

Chromatographic analyses were carried out on a Shimadzu modular system (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) equipped with four high-pressure LC-20AT pumps, a SPD-M20A diode array detector, DGU-20A5 degasser, CBM-20A interface, CTO-20AC oven, and SIL-20A auto sampler. Separations were conducted on Shimadzu Shim-pack column ODS GVP-C18 (4.6 x 250 mm,

5mm) coupled to a ODS GVP-C18 Shimadzu pack guard column (4.6 x 10 mm, 5 μ m). Mobile phase consisted of solvent A (2%, v/v, solution of acetic acid in water) and solvent B (70: 80: 2, v/v, methanol, water/acetic acid, respectively) at a flow rate of 1.0 ml/minute with 65 minutes run, the gradient profile was: start condition 100% A in 0–5 min, then 70% A in 5–25 min, 60% A in 25–43 min, 55% A in 43–50 min, 0% A in 50–55 min and 100% A in 55–65. Injection volume was 20 μ l and analyses were performed at 15°C. The phenolic compounds chromatograms were recorded at 280 nm.

Each compound was identified and quantified by comparing its retention time, peak area and UV–vis absorption spectra against the authentic standards (gallic acid, catechin, chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid, trans- cinnamic acid, vanillin, m-coumaric acid, quercetin, p- coumaric acid, and o- coumaric acid). Results were expressed as mg of phenolic compound 100g⁻¹ FW.

Volatiles compounds

The volatile profile analyses were performed by solid phase microextraction technique (SPME) using Gas Chromatography GC 2010 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) coupled to a mass spectrometer QP 2010 Plus (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan). Five grams of sample (jam and fruit pulp) were transferred to a vial suitable with a capacity of 10 ml for volatile retention. Polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB, 65 μ m, Supelco) fiber was introduced into the headspace of each vial for 30 min at 40°C with rotational shaking at 250 rpm. The fiber was removed from the headspace of the vial and immediately introduced into GC-MS, in which the volatile compounds were desorbed at 250 °C in splitless, for 2 minutes. For identification, a mass-selective detector (model QP5050A) was used under the following conditions: a fused silica capillary column (30m x 0.25 mm i.d x 0.25 μ m film thickness), stationary phase of 5% diphenyl and 95% of polydimethylsiloxane (DBS),

injection temperature of 270°C; the column temperature was maintained at 60°C for 3 min then programmed to increase 4°C in each minute until reaching 270°C. The carrier gas was helium at a flow of 1.8 mL.min⁻¹; and there was no split in the column, which had an initial pressure of 100 kPa. The mass spectrometer conditions were as described: the mass selective detector was operating in electron impact mode at an impact energy of 70 eV, a scan speed of 1000m/z. s⁻¹, a scan range of 0.5 fragment/second and detected fragments of 29 and 600 Da. Each compound was identified by comparing its mass spectrum with spectra in the literature [46] or by NIST and Wiley 8 Mass Spectral Libraries. The aroma descriptions of most compounds were compared to those reported in the Flavornet [47] and pherobase [48] databases.

Statistical Analysis

Data were analyzed using the SISVAR statistical package [49]. Analysis of variance (ANOVA) was performed using a simple completely randomized (CRD) factorial design with two factors including package (amber and clear glass jars) and storage time (0, 3, 6, 9, and 12 months). Polynomial regression models were selected based on the F test and coefficient of determination (R²); statistical significance was set at p<0.05. Each sample consisted of 80g of jam (two glass jars of 40 ml each). Correlations between antioxidant capacity and vitamin C constituents, were determined using Pearson's Correlation Coefficient Test.

Results and discussion

Determination of vitamin C, total phenolics compounds (TPC) and antioxidant activity of fruit pulp.

Results of vitamin C, total phenolics compounds and antioxidant activity of mangaba fruit pulp are shown in Table 1. The content of vitamin C was 193.84 mg 100g⁻¹ FW which was similar to that observed by [32] and higher than that reported by [6, 25] who found 96.3 mg 100g⁻¹ FW and 102.77 mg 100g⁻¹ FW for this fruit, respectively. According to [50], fruits are classified according to the vitamin C content into three categories: low (<30mg 100g⁻¹, medium (30-50 mg 100g⁻¹) and high (>50 mg 100g⁻¹). Considering this classification, mangaba qualifies as a higher source of vitamin C. Mangaba fruit also exhibited higher vitamin C content than other commercial fruits, such as açai (68.5 mg 100 ml⁻¹ juice), strawberries (42.45 mg 100g⁻¹) [51, 52]. Total phenolic compounds (TPC) in mangaba fruit pulp were around 324.45 mg GAE 100g⁻¹ FW. This value was lower than that reported in the previous study [29] who observed a range from 490 to 390 mg GAE 100g⁻¹ FW of mangaba fruit during 20 days of storage period and higher two and three-fold than those reported by [7] (169 mg GAE 100 g⁻¹ FW) and [6] (98.8 mg GAE 100 g⁻¹ FW), respectively. According to the classification of [53], who analyzed 17 fruits from Ecuador and grouped phenolic compounds into three categories: low (<100 mg GAE 100g⁻¹), medium (100–500 mg GAE 100g⁻¹) and high (> 500 mg GAE 100g⁻¹), the mangaba fruit may be classified as intermediate source of phenolic compounds. Comparing between mean of total phenolic compounds found in this work with other native fruit from cerrado, the results suggested that mangaba fruit pulp had highest levels of phenolics compounds than ciruela (55.0 mg GAE 100g⁻¹), jackfruit (29.0 mg GAE 100g⁻¹), murici (159.9 mg GAE 100g⁻¹), sapodilla (13.5 mg GAE 100g⁻¹, sourop (54.8 mg GAE 100g⁻¹), sweetsop

(81.7 mg GAE 100g⁻¹), tamarindo (83.8 mg GAE 100g⁻¹) and umbu (44.6 mg GAE 100g⁻¹) [6, 54].

Since the antioxidant activity of food is determined by a mixture of different kind of antioxidants with different action mechanisms, among which synergistic interactions, it is important to combine more than one method in order to assay in vitro, the antioxidant activity of foodstuffs [55]. The results (Table 1) of antioxidant activity assay using DPPH- EC₅₀ was four-fold higher than that observed by [7] (3385 g g⁻¹ DPPH). It is important to notice that high values of EC₅₀ indicate low antioxidant activity. The antioxidant activities of mangaba fruit pulp were 77.88 and 221.70 mg VCEAC 100g⁻¹, assayed using DPPH and ABTS radicals, respectively. These values were lower and higher than those found by [6] 118.78 and 162.57 mg VCEAC 100g⁻¹, respectively. The antioxidant activities of mangaba fruit pulp expressed in TEAC and measured using ABTS and DPPH radicals, were fourteen and seven-fold higher than those reported by [6] (10.84 and 6.46 μmol TEAC g⁻¹, respectively).

The β-carotene bleaching assay is widely used in laboratories around the world. Since no high temperature is necessary, the antioxidant activity of thermo-sensitive vegetable samples might be determined and evaluated qualitatively. The antioxidant activity assayed by β-carotene bleaching method was 86.11% of oxidation inhibition (O.I.). According to [56], the antioxidant capacity measured by β-carotene bleaching method is classified as high (>70%), intermediate (40–70%) or low (<40%) levels of oxidation inhibition (O.I.). However, following this classification, the result of this study suggest that mangaba fruit is qualifies as having higher antioxidant capacity.

The variations observed in terms of bioactive compounds and antioxidant activity assayed by several methods when compared the results obtained from this study with those reported by others authors might probably explained by various factors, including genotypes constituents, fruit maturity

levels, maturity season, climatic conditions, storage conditions, different analytical methods, geographic origin, fertilizer, soil type and others factors [57-60].

Determination of vitamin C, total phenolics compounds (TPC) and antioxidant activity of fruit jam

Vitamin C content, total phenolics compounds and antioxidant activity after mangaba jam processing are presented in Table 1, and during 12 months of storage time are listed in Figure 1 and 2. Results (Table 1) showed that all these studied variables when compared with mangaba pulp, decreased significantly ($p < 0.05$) after jam processing. Vitamin C is involved in protein metabolism, collagen synthesis and an important physiological antioxidant [61]. Vitamin C content was found to decrease by 66,15% after processing when compared with fruit pulp and also during storage time in range from 65.61 to 19.69 mg 100g⁻¹ FW. This result is in agreement with other authors [62-65]. who reported decreasing of vitamin C content during the storage of fruits products. In addition, [66-68] also reported that vitamin C decreased in low calorie jam during storage period. The decrease of vitamin C content might be mainly due to oxidation or degradation of thermolabile ascorbic acid into dehydroascorbic acid which is followed by the hydrolysis of the latter to 2,3-diketogulconic acid, which then undergoes polymerization to other nutritionally inactive compounds such as hydroxymethylfurfural (HMF) responsible for browning after processing and during fruit products storage [69, 70].

TPC were found to decrease significantly ($p < 0.05$) by 50% after processing and during storage time were also decreased in range from 161.39 to 118.08 mg GAE 100g⁻¹ FW. These results are in accordance with those of [71-73] who reported reductions in TPC after jam processing and during storage time. In another study [74], observed that significant reductions after jam

processing of TPC were 9% and 27% in two types of cherry, cv. Balaton and cv. BY8158.50. According to [75], the TPC content can increase, decrease or remain unchanged after the thermal processing of fruits.

The reduction of TPC could be due to disruption of cell structure during fruit processing and the increased tendency to non-enzymatic oxidation [76]. In addition, physical and biological factor such as temperature, heat cause disruptions in cell structure during fruit processing and it lead to increase enzymatic activity that might have in the destruction of phenolics [74]. Enzymes including polyphenol oxidase are responsible for the browning reaction of phenolics compounds but they normally inactivated during jam processing due to cooking at high temperature. However, there could be losses of bioactive compounds due to the cooking process that may reduction their functional properties [74].

Results (Table 1) showed that antioxidant capacity assayed using DPPH- EC_{50} radical scavenging activity after processing ranged from 953.67 to 1454.07 g FW g^{-1} DPPH and during storage time was noted to range from 1454.07 to 3710.23 g FW g^{-1} DPPH. Considering DPPH radical scavenging activity with higher and lower EC_{50} values indicate low and high antioxidant capacity, respectively, it can be noticed that after processing and also during storage period, there was a reduction in antioxidant activity. The antioxidant activity using DPPH radical expressed as TEAC and VCEAC decreased highly ($p < 0.05$) after processing by 32% and 44%, respectively. During 12 months of storage time the antioxidant capacity measured by DPPH radical expressed as TEAC decreased in range from 32.36 to 17.44 $\mu\text{mol TEAC } g^{-1}$ FW, and the general range of antioxidant activity expressed as VCEAC was noted from 43.32 to 39.15 mg VCEAC $100g^{-1}$ FW. It was observed that antioxidant activity expressed as VCEAC decreased to 31.14 mg VCEAC $100g^{-1}$ FW up to 9 months

of storage and then increased to 39.15 mg VCEAC 100g⁻¹ FW at the end of storage period.

The antioxidant capacity assayed by ABTS radical and expressed as VCEAC and TEAC after processing decreased significantly by 33% and 54%, respectively. During storage period the antioxidant activity expressed as VCEAC also decreased in range from 102.63 to 53.52 mg VCEAC 100g⁻¹ FW and the antioxidant activity expressed as TEAC in general was noted to range from 103.04 to 79.75 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ FW throughout the storage time. It was observed that antioxidant activity measured by ABTS radical and expressed as TEAC decreased to 70.92 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ FW up to 9 months of storage followed then by an increase to 79,75 $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ FW during the rest storage period.

The oxidation inhibition measured by β -carotene bleaching method decreased by 15% after processing and during 12 months of storage (Figure 2), in general was found to vary between 73 and 70.27%. It was noted a reduction from 73.03 to 68.14% up to 6 months followed by an increase to 70.27% at the end of storage period. According to the classification proposed by [56], this antioxidant activity is qualifying as intermediate.

In general, the results of different antioxidant methods used in this work showed that the antioxidant activity decreased significantly ($p < 0.05$) after processing and also during storage time. These results are in agreement with those reported previously by [72, 77, 78], who reported that the antioxidant capacity of different berries significantly decreased after jam processing and during storage period. The explanation for the reduction in antioxidant capacity could be attributed to the degradation or destruction of phytochemicals, phenolics compounds as well as vitamin C as a result of thermal treatment [68, 79, 80, 81]. The increase tendency of antioxidant capacity observed in this study for some methods could be probably due to the environmental storage or

analysis conditions that may have influence on the jam constituents, since there was no an increase of phenolics or bioactive compounds observed during storage period.

The correlation among the bioactive compounds and antioxidant activity

The correlation between bioactive compounds and antioxidant activity has been widely investigate in different food stuffs, including fruits and vegetables [7, 18, 82-85]. In this present study, the correlation (Table 2) between total phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity measured by DPPH-EC₅₀, DPPH (VCEAC), DPPH (TEAC), ABTS (VCEAC), ABTS (TEAC) and β -carotene bleaching were assayed. A positive and significant correlation was observed between TPC-vitamin C ($r = 0.93$; $p < 0.01$), DPPH (VCEAC) ($r = 0.44$; $p < 0.01$), DPPH (TEAC) ($r = 0.91$; $p < 0.01$), ABTS (VCEAC) ($r = 0.85$), ABTS (TEAC) ($r = 0.49$; $p < 0.01$) and β -carotene bleaching ($r = 0.33$; $p < 0.05$). There was also a positive and significant correlation of vitamin C and DPPH (VCEAC) ($r = 0.54$; $p < 0.01$), DPPH (TEAC) ($r = 0.83$; $p < 0.01$), ABTS (VCEAC) ($r = 0.75$; $p < 0.01$), ABTS (TEAC) ($r = 0.61$; $p < 0.01$) and β -carotene bleaching ($r = 0.50$; $p < 0.01$). However, as expected, significant negative correlations were found between the DPPH-EC₅₀ – TPC ($r = -0.85$; $p < 0.01$), vitamin C ($r = -0.73$; $p < 0.01$), DPPH (TEAC) ($r = -0.96$; $p < 0.01$) and ABTS (VCEAC) ($r = -0.97$; $p < 0.01$); this is due to the fact that the DPPH-EC₅₀ method provides inversely proportional results. The correlation between bioactive compounds and antioxidant activity observed in this study are in agreement with other studies [6, 86-88]. According to [89] phenolic compounds are responsible for most of the antioxidant activity in fruit by-products. In another study [56] suggested that the antioxidant activity of food may not be associated with one compound but to the synergy between

several substances with antioxidant action. Therefore, this fact supports the significant correlation between bioactive compounds and antioxidant capacity observed in the present study.

Identification and quantification of phenolic compounds profile of fruit pulp and jam

Typical chromatograms of phenolic compounds in mangaba fruit pulp and mangaba jam are presented in Figure 5 and 6, respectively, and the contents of individual identified phenols are given in Table 3. Phenolic compounds were identified on chromatograms by comparison with retention time of authentic standards. Results (Table 3) showed that a total of ten (10) phenolic compounds were identified and quantified in mangaba pulp fruit and mangaba jam, including flavonoids (catechin, rutin and quercetin) and non-flavonoids (gallic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferrulic acid, trans-cinnamic acid, *m*-coumaric acid). These results are consistent with those of [26] and [32], who also reported the presence of flavonoids and non-flavonoids in ethanolic extract of mangaba fruit and mangaba fruit pulp, respectively. Our results also revealed that quercetin (3.13 mg 100g⁻¹ FW) and catechin (1.70 mg 100g⁻¹ FW) were the predominant compounds among all the other phenolic compounds. In contrast to these results, [32] revealed a predominant presence of chlorogenic acid (18.09 mg 100g⁻¹ FW) and rutin (10.26 mg 100g⁻¹ FW) in mangaba fruit pulp while [90] reported rutin as a prominent constituent in extract from *H. speciosa* leaves.

These qualitative and quantitative differences could be probably due to extraction methods, cultivars, growth conditions of the fruits, the fruit ripening stage, chromatographic conditions, use of different phenolic acid standards, and also environmental factors such as temperature, light, and soil nutrients.

Changes in individual phenolic compound after jam processing are shown in Table 3, and over 12 months of storage time are given in Figure 7. Results showed that the levels of individual phenolic compounds were significantly ($p < 0.05$) affected during processing. In general, all phenolic compounds decreased significantly after processing except gallic acid and *p*-coumaric acid who presented an increase tendency. The losses in levels of individual phenolic compounds after processing were: catechin (42.35%), chlorogenic acid (25%), caffeic acid (62.90%), ferrulic acid (51.85%), *m*-coumaric acid (53.85%), quercetin (47.60%), *trans*-cinnamic acid (83.3%) and rutin (43.90%) while the increase was found to be: gallic acid (33.33%) and *p*-coumaric acid (16.67%). With respect to storage time, only gallic acid, caffeic acid, catechin and rutin were significantly ($p < 0,05$) affected (Figure 7). The contents of gallic acid increased sharply in range from 0.16 to 0.28 mg 100g⁻¹ FW up to 9 months followed then by decrease to 0.18 mg 100g⁻¹ FW during the rest period of storage. The levels of catechin decreased in range from 0.98 to 0.48 mg 100g⁻¹ FW during 9 months and then increased up to 1.04 mg 100g⁻¹ FW at the end of storage time; the contents of rutin decreased in range from 0,46 to 0.17 mg100g⁻¹ FW over 12 months of storage period. The levels of caffeic acid were found to increase from 0.13 to 0.19 mg 100g⁻¹ FW over 9 months and then decreased up to 0.03 mg 100g⁻¹ FW at the end of storage time. The losses observed after processing and during storage time, as previously discussed were mostly due to the oxidation or degradation of these compounds as a result of thermal treatment. In other hand, the sharp increase tendency observed in the contents of some compounds might be probably due to processing conditions and hydrolysis of the ester bond during storage time.

Identification of volatile compounds of fruit pulp and jam

The volatile profile analyzed by GC-MS of mangaba fruit pulp and mangaba jam after processing are listed in Table 4. Results showed that 32 compounds were tentatively identified in mangaba pulp fruit including: 8 alcohols, 11 esters, 4 aldehydes, 2 ketones, 1 hydrocarbon, 2 aromatics, 2 acids, 1 terpene, and 1 ether. The class of esters was the most predominant, representing an area of 53.84%. This result proves that the biogenesis of aroma in mangaba fruit is much related to esters formation. The main compounds identified in the mangaba pulp fruit and which were quantitatively representing higher peak area in chromatogram were 3-methyl-3-buten-1-ol acetate (24.91%), 3-methyl-1-butanol acetate (13.05%), 3-methyl -2-buten-1-ol acetate (11.84%), 3-methyl-3-buten-1-ol (7.12%), ethanol (6.19%), 3 methyl-1-butanol (4.92%), 2-propanone (4.44%), 3-hydroxy-2-butanone (3.21%), ethyl acetate (2.31%), and 2,3- butanediol (2.23%). Although these compounds belong to different organic classes such as esters, alcohols and ketones are known to be responsible for the overall sweet, fruity, creamy and floral odors representing different fruits and it can be suggested that these prominent compounds may contribute to a great extent the characteristic aroma of mangaba fruit. According to [91], the typical fruit aroma results from the combination of different kinds of volatile compounds from different chemical functions and with different physicochemical properties, such as aldehydes, ketones, acetals, alcohols, esters, lactones, hydrocarbons and phenols, ethers and heterocyclic compounds [92].

Recently, study conducted by [26] about characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits reported that quantitatively the esters were the most abundant compounds, representing 68.11% of the total components identified and, in agreement with the results found in this work. In another study, [93] also reported that esters were the predominant compounds in ripe mangaba fruits when analyzed by the same technique of CG-MS. In contrast

to our results, [28] while studying volatile profile of mangaba fruit stored under modified atmosphere for 20 days under different packaging, identified 35 compounds, the alcohol being the most predominant class (29.57%), followed by the aldehydes and terpenes, both with 27.71%, hydrocarbons (11.42%), esters (5.71%) and ketones (2.85%). However, these variations on volatile profile compounds might be attributed to growing conditions, including climate and cultivation practices, fruit ripening stage and post-harvest storage conditions.

Regarding to the effect of processing on volatiles compounds, results (Table 4) showed that almost all the volatiles compounds were significantly ($p < 0.05$) affected after jam processing. In general, it was observed that processing of mangaba fruit pulp into jam promoted the formation of many volatile compounds, with an increase in the levels of alcohols and reduction of esters, which could be due to processing conditions and disruptions of esters bonds during fruit pulp processing. During storage time (Figure 8 and 9), ethanol, 3-methyl-1-butanol, 3-methyl-2-butene-1-ol, 3-methyl-1-butanol acetate, 3-methyl-3-buten-1-ol acetate, 3-methyl-2-buten-1-ol acetate, 2-propanone, and 3-hydroxy-2-butanone were markedly ($p < 0.05$) affected whereas no significant difference during 12 months of storage was observed for the rest of compounds. Ethanol and 3-methyl-1-butanol increased throughout the storage time while 3-methyl-2-butene-1-ol was found to decrease. The levels of 3-methyl-1-butanol acetate, 3-methyl-3-buten-1-ol acetate, and 3-methyl-2-buten-1-ol acetate decreased during storage time. 2-propanone levels increased rapidly up to 9 months followed then by a decrease at the end storage period. 3-hydroxy-2-butanone showed a slight decrease up to 3 months, followed by an increase over the 9 months, and then decreased during the rest period. The explanation for these results could be as discussed earlier for the effect of processing on volatiles compounds.

Conclusions

Mangaba fruit pulp is a good source of bioactive compounds and antioxidant activity. Processing and storage time resulted in reduction of bioactive compounds, antioxidant activity and volatiles compounds while no significant difference was found with respect to packaging material type. In spite of the reduction in these compounds, mangaba retained good levels of them during storage time.

Acknowledgments

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

References

1. Oliveira VB, Yamada LT, Fagg CW, Brandão MGL (2012) Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. *Food Res Int* 48:170–179
2. Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño AM (2006) Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chem* 95:644–652
3. Ratter JA, Ribeiro JR, Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot* 80:223–230
4. Oliveira-Filho AT, Ratter JA (2002) Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: *Veg. Physiogn. woody flora cerrado biome*. Columbia University, New York, pp 91–120
5. Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian cerrado. *Conserv Biol* 19:707–713

6. Almeida MMB, de Sousa PHM, Arriaga ÂMC, do Prado GM, Magalhães CE de C, Maia GA, de Lemos TLG (2011) Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Res Int* 44:2155–2159
7. Rufino M do SM, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J (2010) Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem* 121:996–1002
8. Ferreira HC, Serra CP, Lemos VS, Braga FC, Cortes SF (2007) Nitric oxide-dependent vasodilatation by ethanolic extract of *Hancornia speciosa* via phosphatidyl-inositol 3-kinase. *J Ethnopharmacol*. doi: 10.1016/j.jep.2006.06.009
9. Vieira RF, Costa TSA, Silva DB, Ferreira FR, Sano SM (2006) Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília
10. Moraes T de M, Rodrigues CM, Kushima H, Bauab TM, Villegas W, Pellizzon CH, Brito ARMS, Hiruma-Lima CA (2008) *Hancornia speciosa*: Indications of gastroprotective, healing and anti-*Helicobacter pylori* actions. *J Ethnopharmacol* 120:161–168
11. de la Rosa LA, Alvarez-Parrilla E, González-Aguilar GA (2009) The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. *Fruit Veg. Phytochem. Chem. Nutr. value, Stab.*
12. Assmann G, Buono P, Daniele A, et al (2014) Functional foods and cardiometabolic diseases: International Task Force for Prevention of Cardiometabolic Diseases. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 24:1272–1300
13. Costa AGV, Garcia-Diaz DF, Jimenez P, Silva PI (2013) Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red–black berries. *J Funct Foods* 5:539–549
14. Farag MA, Motaal AAA (2010) Sulforaphane composition, cytotoxic and antioxidant activity of crucifer vegetables. *J Adv Res* 1:65–70

15. Boyer J, Liu RH (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J* 3:1–5
16. Xiao J, Capanoglu E, Jassbi AR, Miron A (2014) The paradox of natural flavonoid C-glycosides and health benefits: When more occurrence is less research. *Biotechnol Adv*. doi: 10.1016/j.biotechadv.2014.11.002
17. Xiao J, Ni X, Kai G, Chen X (2015) Advance in dietary polyphenols as aldose reductases inhibitors: structure-activity relationship aspect. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55:16–31
18. Klimczak I, Małecka M, Szlachta M, Gliszczyńska-Świgło A (2007) Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *J Food Compos Anal* 20:313–322
19. Serrano J, Goñi I, Saura-Calixto F (2007) Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Res Int* 40:15–21
20. Tadhani MB, Patel VH, Subhash R (2007) In vitro antioxidant activities of *Stevia rebaudiana* leaves and callus. *J Food Compos Anal* 20:323–329
21. Liu RH (2003) Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr* 78:517S–520
22. Chinnici F, Bendini A, Gaiani A, Riponi C (2004) Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *J Agric Food Chem* 52:4684–4689
23. Wijngaard HH, Rößle C, Brunton N (2009) A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chem* 116:202–207
24. Rufino MSM, Fernandes FAN, Alves RE, de Brito ES (2009) Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. *Food Chem* 114:693–695

25. Cardoso LM, Reis BL, Oliveira DS, Pinheiro-Sant'Ana HM (2013) Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. *Fruits* 69:89–98
26. Assumpção CF, Bachiega P, Morzelle MC, Nelson DL, Ndiaye EA, Rios A de O, Souza ÉC de (2014) Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. *Ciência Rural* 44:1297–1303
27. Gomes E de B, Ramalho SA, Gualberto NC, Miranda R de CM de, Nigam N, Narain N (2013) 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. *J Anal Sci Methods Instrum* 3:1–10
28. Lima JP, Fante CA, Pires CRF, Nunes EE, Alves RR, Elias HH de S, Nunes CA, Vilas Boas EV de B (2015) The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. *Sci Hortic (Amsterdam)* 194:1–6
29. de Lima JP, Azevedo L, de Souza NJ, Nunes EE, Vilas Boas EV de B (2015) First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. *Food Res Int* 75:216–224
30. Vendramini AL, Trugo LC (2000) Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. *Food Chem* 71:195–198
31. Visai C, Vanoli M (1997) Volatile compound production during growth and ripening of peaches and nectarines. *Sci Hortic (Amsterdam)* 70:15–24
32. de Lima JP, Fante CA, Freitas Pires CR, Nunes EE, Alves RR, de Siqueira Elias HH, Nunes CA, de Barros Vilas Boas EV (2015) The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. *Sci Hortic (Amsterdam)* 194:1–6
33. Castrejón ADR, Eichholz I, Rohn S, Kroh LW, Huyskens-Keil S (2008) Phenolic profile and antioxidant activity of highbush

- blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chem* 109:564–572
34. Aaby K, Wrolstad RE, Ekeberg D, Skrede G (2007) Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; impact of achene level and storage. *J Agric Food Chem* 55:5156–5166
 35. Volden J, Bengtsson GB, Wicklund T (2009) Glucosinolates, l-ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis); effects of long-term freezer storage. *Food Chem* 112:967–976
 36. Rawson A, Koidis A, Rai DK, Tuohy M, Brunton N (2010) Influence of Sous Vide and water immersion processing on polyacetylene content and instrumental color of parsnip (*Pastinaca sativa*) disks. *J Agric Food Chem* 58:7740–7747
 37. Tiwari U, Cummins E (2013) Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Res Int* 50:497–506
 38. Kuchi VS, Gupta R, Vishwajith KP (2015) Effect of packing materials on bio-chemical and organoleptic characteristics of guava jelly bar during storage. *Environ Ecol* 33:800–803
 39. Larrauri JA, Rupérez P, Saura-Calixto F (1997) Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *J Agric Food Chem* 45:1390–1393
 40. Rufino M do SM, Alves RE, Brito ES de, Morais SM de, Sampaio C de G, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD (2007) Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Embrapa, Fortaleza, Ceará
 41. Waterhouse AL (2002) Wine phenolics. *Ann New York Acad Sci* 957:21–36
 42. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol* 28:25–30

43. Duarte-Almeida JM, Santos RJ dos, Genovese MI, Lajolo FM (2006) Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema beta-caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. *Ciência e Tecnol Aliment* 26:446–452
44. Strohecker R, Zaragoza, Federico Mayor Henning Heinz M (1967) *Análisis de vitaminas: métodos comprobados*. Editorial Paz Montalvo, Madrid
45. Devi Ramaiya S, Bujang JS, Zakaria MH, King WS, Shaffiq Sahrir MA (2013) Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. *J Sci Food Agric* 93:1198–1205
46. Adams RP (2007) *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*, 4th ed. Allured Publishing Corporation, Illinois
47. Acree T, Arn H Flavornet and human odor space. www.flavornet.org. Accessed 8 Jun 2016
48. El-Sayed AM (2016) The pherobase: database of pheromones and semiochemicals. www.pherobase.com. Accessed 8 Jun 2016
49. Ferreira DF Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35:1039–1042
50. Ramful D, Tarnus E, Aruoma OI, Bourdon E, Bahorun T (2011) Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Res Int* 44:2088–2099
51. Cardoso PC, Tomazini APB, Stringheta PC, Ribeiro SMR, Pinheiro-Sant'Ana HM (2011) Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. *Food Chem* 126:411–416
52. Neves LC, Tosin JM, Benedette RM, Cisneros-Zevallos L (2015) Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. *Food Chem* 174:188–196

53. Vasco C, Ruales J, Kamal-Eldin A (2008) Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem* 111:816–823
54. Regodón JA, Pérez F, Valdés ME, De Miguel C, Ramírez M (1997) A simple and effective procedure for selection of wine yeast strains. *Food Microbiol* 14:247–254
55. Pérez-Jiménez J, Arranz S, Taberero M, Díaz- Rubio ME, Serrano J, Goñi I, Saura-Calixto F (2008) Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Res Int* 41:274–285
56. Hassimotto NM, Genovese MI, Lajolo FM (2005) Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *J Agric Food Chem* 53:2928–2935
57. Al-Farsi M, Alasalvar C, Al-Abid M, Al-Shoaily K, Al-Amry M, Al-Rawahy F (2007) Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food Chem* 104:943–947
58. Besbes S, Blecker C, Deroanne C, Bahloul N, Lognay G, Drira N-E, Attia H (2004) Date seed oil: phenolic, tocopherol and sterol profiles. *J Food Lipids* 11:251–265
59. Scalzo J, Politi A, Pellegrini N, Mezzetti B, Battino M (2005) Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition* 21:207–213
60. Lata B (2007) Relationship between apple peel and the whole fruit antioxidant content: year and cultivar variation. *J Agric Food Chem* 55:663–71
61. Li Y, Schellhorn HE (2007) New Developments and Novel Therapeutic Perspectives for Vitamin C. *J Nutr* 137:2171–2184
62. Hussain I, Shakir I (2010) Chemical and organoleptic characteristics of jam prepared from indigenous varieties of apricot and apple. *World J Dairy Food Sci* 5:73–78

63. Vidhya R, Narain A (2011) Formulation and evaluation of preserved products utilizing under exploited fruit, wood apple (*Limonia acidissima*). *Am J Agric Environ Sci* 10:112–118
64. Muhammad A, Durrani Y, Zeb A, Ayub M, Ullah J (2008) Development of diet jam from apple grown in swat (NWFP). *Sarhad J Agric* 24:461–467
65. Souad AM, Jamal P, Olorunnisola KS (2012) Effective jam preparations from watermelon waste. *Int Food Res J* 19:1545–1549
66. Poiana M-A, Alexa E, Mateescu C (2012) Tracking antioxidant properties and color changes in low-sugar bilberry jam as effect of processing, storage and pectin concentration. *Chem Cent J* 6:1–12
67. Selvamuthukumaran M, Khanum F (2014) Processing seabuckthorn fruit for antioxidant rich jam development and shelf stability assessment. *Indian J Tradit Knowl* 13:335–346
68. Abolila RM, Barakat H, El-Tanahy HA, El-Mansy HA (2015) Chemical, Nutritional and Organoleptical Characteristics of Orange-Based Formulated Low-Calorie Jams. *Food Nutr Sci* 6:1229–1244
69. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:3010–3014
70. Touati N, Tarazona-Díaz MP, Aguayo E, Louaileche H (2014) Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chem* 145:23–27
71. Patras A, Brunton NP, Tiwari BK, Butler F (2011) Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage. *Food Bioprocess Technol* 4:1245–1252
72. Correa RCG, Haminiuk CWI, Sora GTS, Bergamasco R, Vieira AMS (2014) Antioxidant and rheological properties of guava jam with added concentrated grape juice. *J Sci Food Agric* 94:146–152

73. Kopjar M. JJSU. O (Croatia). F of FT, Pilizota V. JJSU. O (Croatia). F of FT, Tiban NN. JJSU. O (Croatia). F of FT, Subaric D. JJSU. O (Croatia). F of FT, Babic J. JJSU. O (Croatia). F of FT, Ackar D. JJSU. O (Croatia). F of FT, Sajdl M. JJSU. O (Croatia). F of FT (2009) Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech J. Food Sci. - UZEI (Czech Republic)*
74. Kim D-O, Padilla-Zakour OI (2004) Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *J Food Sci* 69:S395–S400
75. van Boekel M, Fogliano V, Pellegrini N, Stanton C, Scholz G, Lalljie S, Somoza V, Knorr D, Jasti PR, Eisenbrand G (2010) A review on the beneficial aspects of food processing. *Mol Nutr Food Res* 54:1215–1247
76. Patras A, Brunton NP, Tiwari BK, Butler F (2011) Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food Bioprocess Technol* 4:1245–1552
77. Schmidt BM, Erdman Jr. JW, Lila MA (2005) Effects of food processing on blueberry antiproliferation and antioxidant activity. *J Food Sci* 70:s389–s394
78. Kamiloglu S, Pasli AA, Ozcelik B, Van Camp J, Capanoglu E (2015) Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *J Funct Foods* 13:1–10
79. Rattanathanalerk M, Chiewchan N, Srichumpoung W (2005) Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *J Food Eng* 66:259–265
80. Rawson A, Patras A, Tiwari BK, Noci F, Koutchma T, Brunton N (2011) Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Res Int* 44:1875–1887

81. Aramwit P, Bang N, Srichana T (2010) The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Res Int* 43:1093–1097
82. Kiselova Y, Ivanova D, Chervenkov T, Gerova D, Galunska B, Yankova T (2006) Correlation between the in vitro antioxidant activity and polyphenol content of aqueous extracts from Bulgarian herbs. *Phyther Res* 20:961–965
83. Jayaprakasha GK, Girenavar B, Patil BS (2008) Radical scavenging activities of Rio Red grapefruits and Sour orange fruit extracts in different in vitro model systems. *Bioresour Technol* 99:4484–4494
84. Kedage V V, Tilak JC, Dixit GB, Devasagayam TP, Mhatre M (2007) A study of antioxidant properties of some varieties of grapes (*Vitis vinifera* L.). *Crit Rev Food Sci Nutr* 47:175–185
85. Dos Santos M de FG, Mamede RVS, Rufino M do SM, de Brito ES, Alves RE (2015) Amazonian Native Palm Fruits as Sources of Antioxidant Bioactive Compounds. *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 4:591–602
86. Sampaio CRP, Hamerski F, Ribani RH (2015) Antioxidant phytochemicals of *Byrsonima ligustrifolia* throughout fruit developmental stages. *J Funct Foods* 18:400–410
87. Giovanelli G, Buratti S (2009) Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chem* 112:903–908
88. Couto MAL, Canniatti-Brazaca SG (2010) Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciência e Tecnol Aliment* 30:15–19
89. Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ (2002) Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13:572–584

90. Ferreira HC, Serra CP, Endringer DC, Lemos VS, Braga FC, Cortes SF (2007) Endothelium-dependent vasodilation induced by *Hancornia speciosa* in rat superior mesenteric artery. *Phytomedicine* 14:473–478
91. Thomazini M, Franco RMB (2000) Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. *Bol SBCTA* 34:52–59
92. Chitarra MIF, Chitarra AB (2005) Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio, 2nd ed. UFLA, Lavras
93. Sampaio TS, L. Nogueira PC (2006) Volatile components of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) at three stages of maturity. *Food Chem* 95:606–610

Tables and figures

Figure 1 - Flow chart outlining the steps involved in mangaba jam processing.

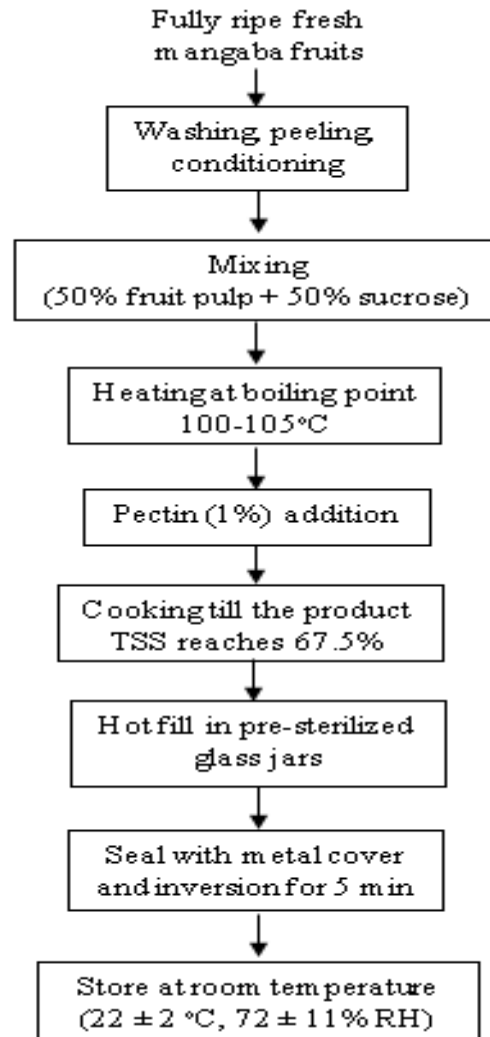


Table 1 - Effect of mangaba jam processing on bioactive compounds and total antioxidant activity.^a

Bioactive compounds and total antioxidant activity	Mangaba pulp	Mangaba jam
TPC (mg GAE. 100g ⁻¹)	324,45 ± 3,04	161,39 ± 2,97
Vitamin C (mg ascorbic acid. 100g ⁻¹)	193,84 ± 2,95	65,61 ± 0,77
DPPH EC ₅₀ (g g ⁻¹ DPPH)	953,67 ± 5,38	1454,07 ± 10,74
DPPH (μmol TEAC g ⁻¹)	47,93 ± 0,40	32,36 ± 0,41
DPPH (mg VCEAC 100g ⁻¹)	77,88 ± 2,99	43,32 ± 1,58
ABTS (μmol TEAC g ⁻¹)	154,73 ± 17,91	103,04 ± 1,00
ABTS (mg VCEAC 100g ⁻¹)	221,70 ± 5,51	102,63 ± 1,13
β- carotene bleaching (% O.I)	86,11 ± 1,76	73,03 ± 0,97

^aData are expressed as means ± standard deviation (n=4) of fresh weight

Figure 2 - Changes in bioactive compounds (vitamin C and TPC) and antioxidant activity (DPPH EC₅₀ and DPPH-TEAC) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH).

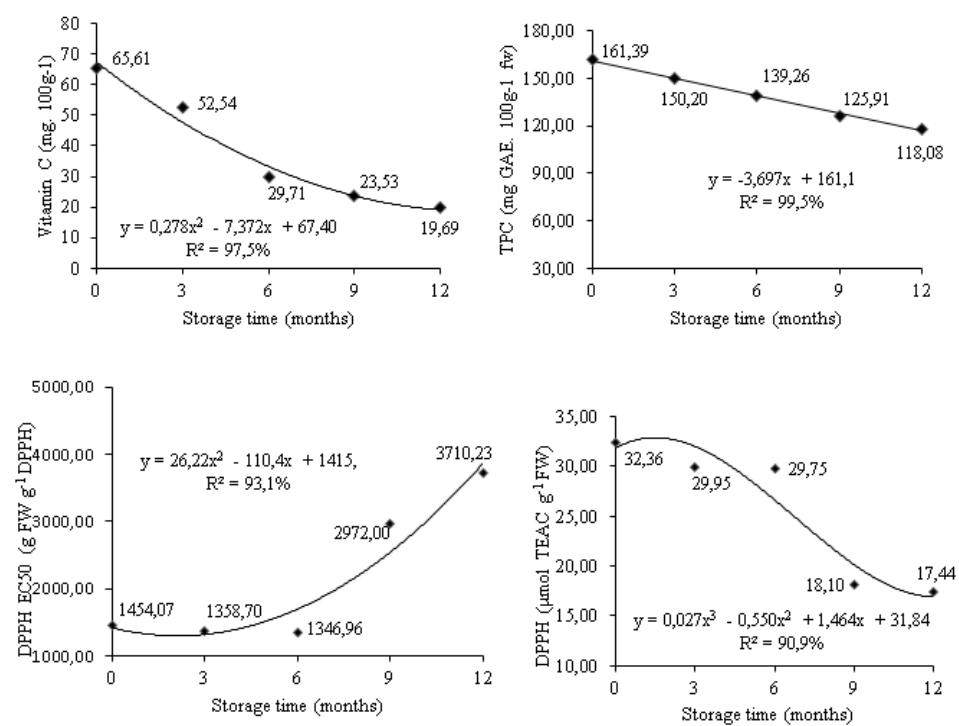


Figure 3 - Changes in antioxidant activity (DPPH-VCEAC, ABTS-VCEAC, ABTS-TEAC and β -carotene bleaching) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, $72 \pm 11\%$ RH).

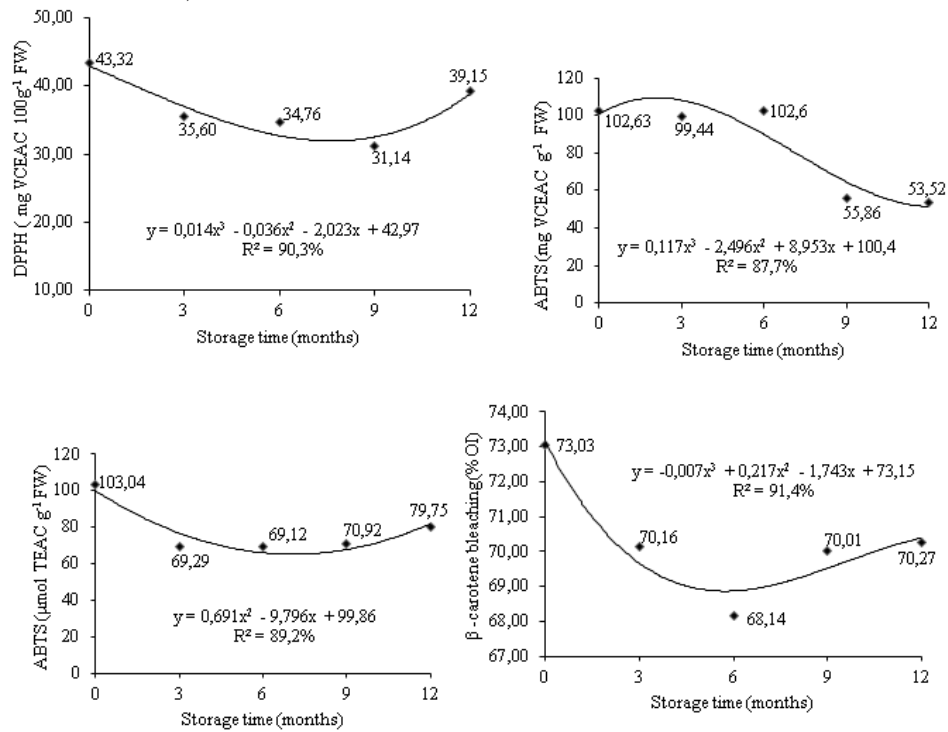


Table 2 - Pearson's correlation coefficients (r) among bioactive compounds (TPC and vitamin C) and antioxidant capacity (DPPH EC₅₀, DPPH-VCEAC, DPPH-TEAC, ABTS-VCEAC, ABTS-TEAC, and β-carotene bleaching) during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11% RH)

	Vitamin C	DPPH (EC ₅₀)	DPPH (VCEAC)	DPPH (TEAC)	ABTS (VCEAC)	ABTS (TEAC)	β-carotene bleaching (% O.I)
TPC	0.932**	-0.852**	0.441**	0.907**	0.849**	0.490**	0.330*
Vitamin C	1.00	-0.733**	0.537**	0.827**	0.746**	0.610**	0.498**
DPPH(EC ₅₀)		1.00	-0.130	-0.962**	-0.965**	-0.103	-0.008
DPPH (VCEAC)			1.00	0.372*	0.301	0.814**	0.553**
DPPH (TEAC)				1.00	0.981**	0.322*	0.144
ABTS (VCEAC)					1.00	0.213	0.068
ABTS (TEAC)						1.00	0.662**
β-carotene bleaching (%O.I)							1.00

* and ** correlations significant at p < 0.05 and 0.01, respectively

Figure 4 - HPLC-DAD/UV-Vis of the mixture of standards. Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 5, vanillin; 6, *p*-coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, *m*-coumaric acid; 9, *o*-coumaric acid; 10, quercetin; 11, *trans*-cinnamic acid; 12, rutin.

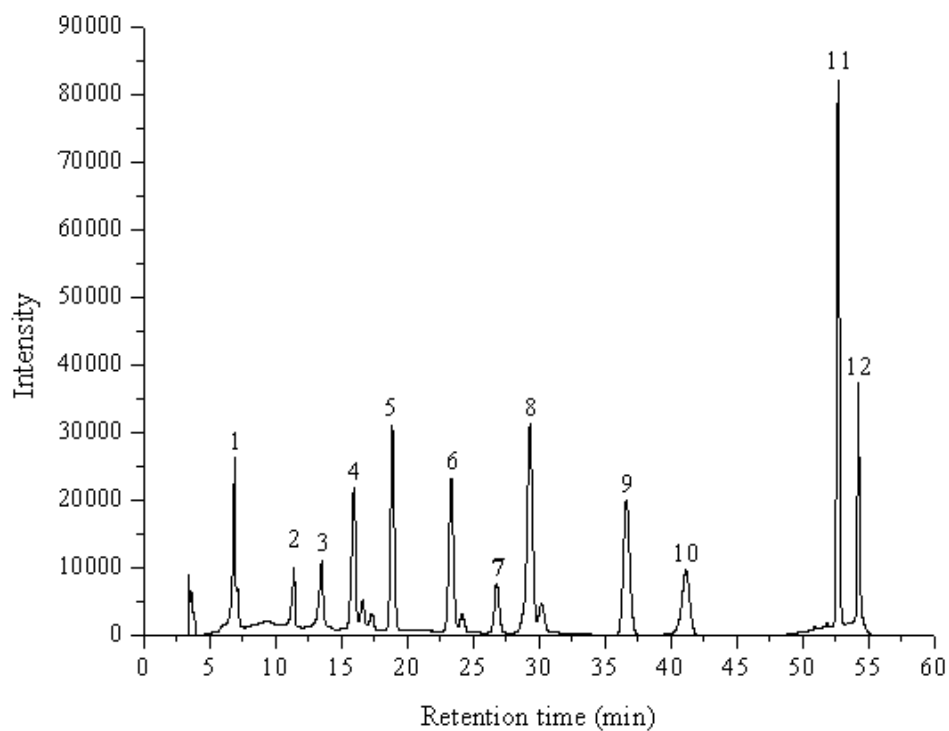


Figure 5 - HPLC-DAD/UV-Vis of mangaba fruit pulp. Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 6, *p*-coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, *m*-coumaric acid; 10, quercetin; 11, *trans*-cinnamic acid; 12, rutin.

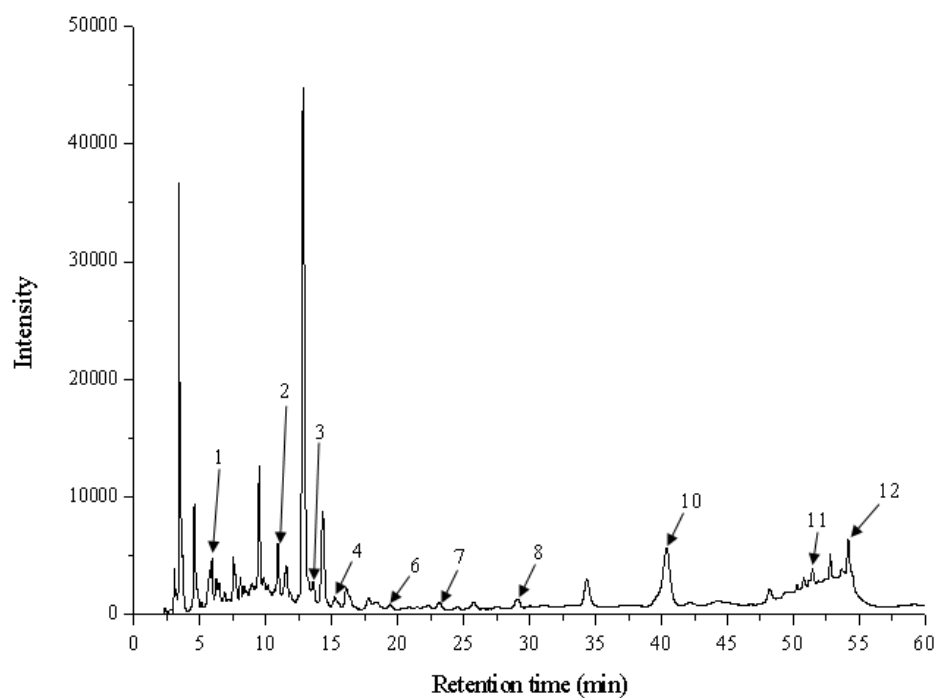


Figure 6 - HPLC-DAD/UV-Vis of mangaba jam (month 0). Detection at 280 nm. 1, Gallic acid; 2, catechin; 3, chlorogenic acid; 4, caffeic acid; 6, *p*-coumaric acid; 7, ferulic acid; 8, *m*-coumaric acid; 10, quercetin; 11, *trans*-cinnamic acid; 12, rutin.

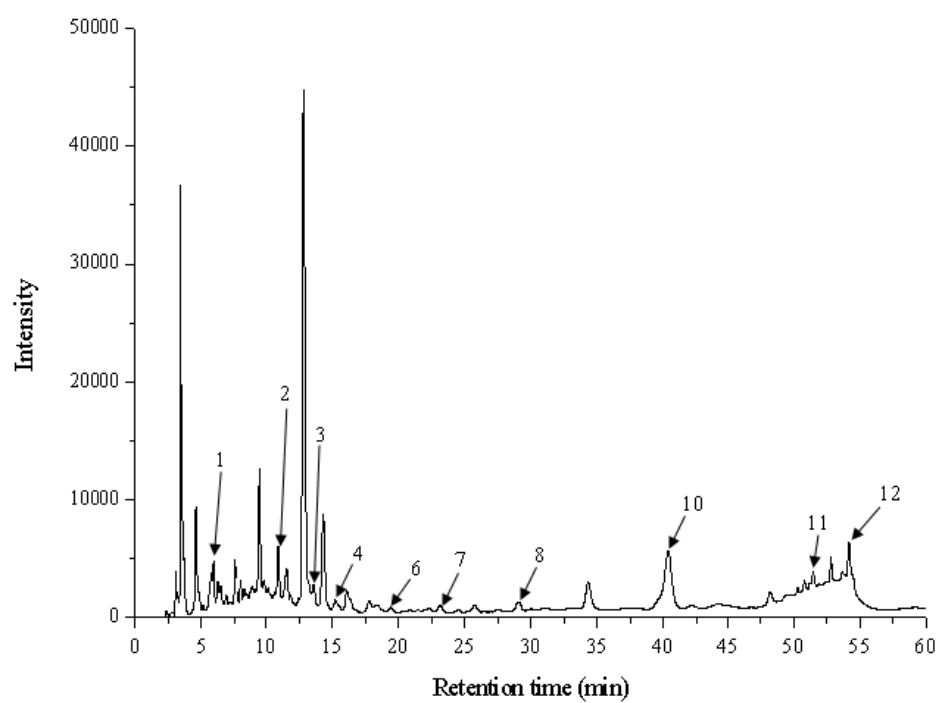
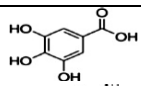
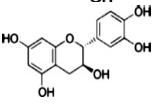
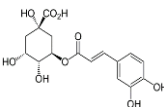
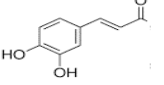
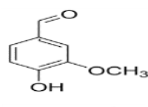
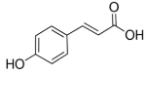
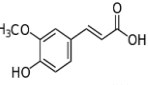
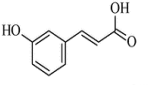
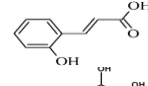
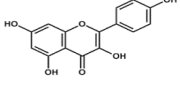
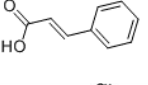
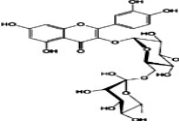


Table 3 - Effect of mangaba jam processing on profile of phenolic compounds recorded by HPLC-DAD/ UV-Vis.^a

Number	Phenolic compounds	Chemical structure	λ (nm)	RT (min)	Mangaba pulp (mg 100g ⁻¹)	Mangaba jam (mg 100g ⁻¹)
1	Gallic acid		280	6,9	0,12 ± 0,01	0,16 ± 0,04
2	Catechin		280	11,4	1,70 ± 0,03	0,98 ± 0,03
3	Chlorogenic acid		280	13,5	0,32 ± 0,01	0,24 ± 0,01
4	Caffeic acid		280	15,96	0,35 ± 0,18	0,13 ± 0,01
5	Vanelin		280	17,34	nd	nd
6	p-Coumaric acid		280	18,88	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,00
7	Ferulic acid		280	23,35	0,27 ± 0,02	0,13 ± 0,00
8	m-Coumaric acid		280	29,31	0,13 ± 0,00	0,06 ± 0,00
9	o-Coumaric acid		280	36,63	nd	nd
10	Quercetin		280	41,14	3,13 ± 0,05	1,64 ± 0,06
11	trans-Cinnamic acid		280	52,69	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,01
12	Rutin		280	54,23	0,82 ± 0,00	0,46 ± 0,01

^aData are expressed as means ± standard deviation (n = 3) of fresh weight

nd Not detected

Figure 7 - Changes in profile of phenolic compounds (gallic acid, catechin, rutin, and caffeic acid) recorded by HPLC-DAD/UV-Vis during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, $72 \pm 11\%$ RH).

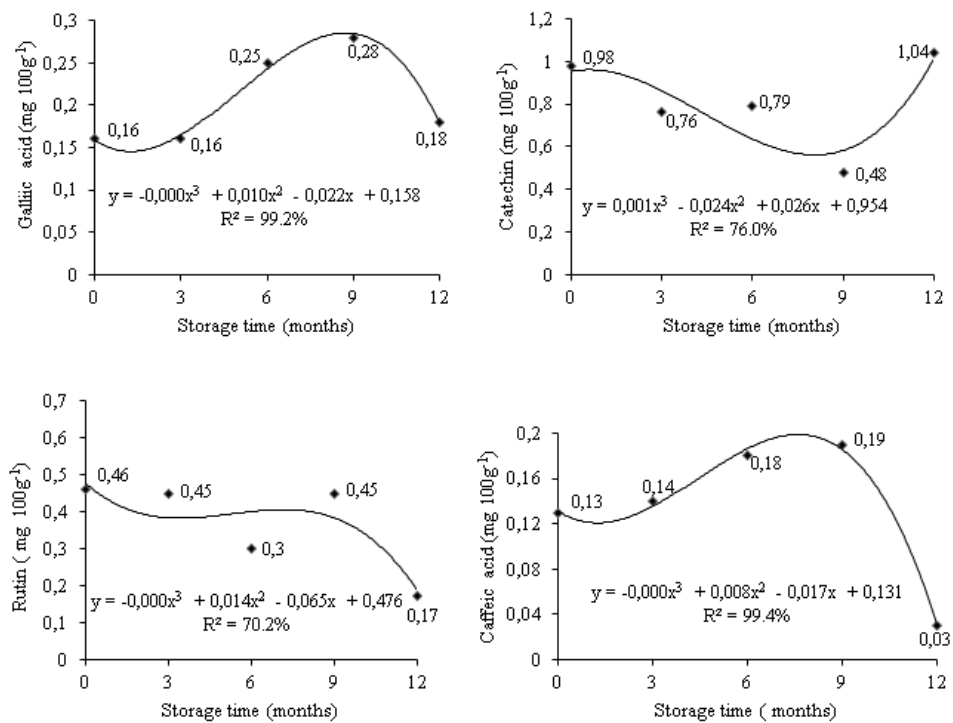


Table 4 - Effect of mangaba jam processing on volatiles compounds tentatively identified by GC-MS. ^a

Class	Compounds	IR	Peak area (%)		Aroma descriptor
			Mangaba pulp	Mangaba jam	
Alcohols	Ethanol	-	6.19	16.16	Sweet, pungent
	Isobutanol	530	0.76	0.00	Wine, bitter
	1-butanol	666	0.00	0.09	Sweet
	2-Propyn-1-ol	692	0.00	0.03	-
	3-chloro-1-propanol	702	0.03	0.00	-
	3-methyl-3-buten-1-ol	730	7.12	15.98	Herbal
	3-methyl-1-butanol	733	4.92	10.55	Rancid, pungent
	3-methyl-1-(phenylmethoxy)butan-2-ol	768	0.33	0.00	-
	4-methyl-1-hexanol	769	0.00	0.15	Sweet
	3-methyl-2-butene-1-ol	777	0.86	1.44	Herbal
	2,3-butanediol	793	2.23	6.20	Fruity
	1,3-butanediol	802	0.00	1.94	-
	3-methyl-3-nitro-1-butanol	845	0.00	0.15	-
	Esters	Formic acid pentyl ester	570	0.16	0.00
Ethyl acetate		612	2.31	0.00	Pineapple
Ethyl isobutyrate		752	0.27	0.00	Fruity
2-methyl pentanoate		772	0.11	0.00	Mint
Butyl acetate		813	0.45	0.14	Fruity, sweet, pear
2-methyl-ethyl ester butyric acid		845	0.40	0.00	Apple
Ethyl 2-methylbutanoate		872	0.32	0.00	-
3-methyl-1-butanol acetate		875	13.05	4.63	-
3-methyl-3-buten-1-ol acetate		880	24.91	7.07	Whiskey, malt, burnt
ethyl undec-10-enoate		919	0.02	0.00	-
3-methyl-2-buten-1-ol acetate		921	11.84	1.69	-
Aldehydes	2-methyl-2-propenal	571	0.00	0.33	-
	3-methoxy-Propanal	613	0.00	5.73	-
	3-methyl butanal	653	0.07	0.00	-
	Pentanal	702	0.08	0.04	Almond, malt, pungent, herbal
	3-methyl-2-butenal	789	0.37	0.00	-
	Hexanal	802	1.15	2.45	Green grass

^a Peaks areas are means of three different GC-MS runs

Table 4 *Continued*

Class	Compounds	IR	Peak area (%)		Aroma descriptor
			Mangaba pulp	Mangaba jam	
Ketones	2-propanone	501	4.44	2.05	Pungent
	1-penten-3-one	690	0.00	0.19	Pungent, fish, fruity
	Cyclopentanone	693	0.00	0.12	-
	3-hydroxy-2-butanone	714	3.21	13.57	Pungent, fruity, mold
	2,3-Butanedione	761	0.00	0.19	Creamy, buttery, sickly
Hydrocarbons	Oxetane	500	0.00	0.46	-
	2-Methylthiacyclopropane	527	0.00	0.63	-
	Hexane	601	0.00	0.57	Ethereal
	2-methyloct-1-ene	874	0.11	0.00	-
	Isothiocyanato-2-methylpropane	997	0.00	0.14	-
Aromatics	Benzene	660	0.19	0.00	Paint thinner-like
	Toluene	765	0.90	0.00	Pungent, caramel, fruity
Acids	Acetic acid	640	0.85	0.00	Sour, vinegar, pungent
	3-Amino-4-methyl pentanoic acid	1000	0.05	0.00	-
Terpenes	L-limonene	1031	0.19	0.00	Flowery, green, citrus
Ethers	2-Methoxyethyl ether	572	0.42	0.53	-

^a Peaks areas are means of three different GC-MS runs

Figure 8 - Changes in volatiles compounds (ethanol, 3-methyl-1-butanol, 3-methyl-2-butene-1-ol, and 3-methyl-1-butanol acetate) tentatively identified by CG-MS during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 C, $72 \pm 11\%$ RH).

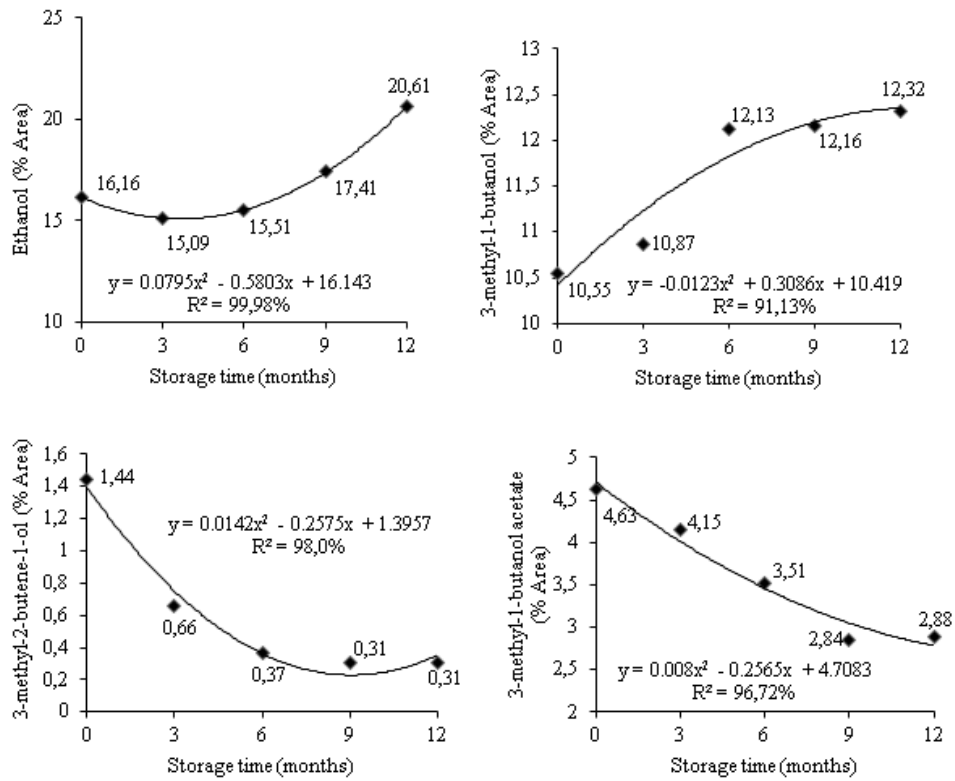


Figure 9 - Changes in volatiles compounds (3-methyl-3-buten-1-ol, 3-methyl-2-buten-1-ol acetate, 2-propanone, and 3-hidroxy-2-butanone) tentatively identified by CG-MS during 12 months of mangaba jam storage at room temperature (22 ± 2 °C, 72 ± 11 % RH).

