



MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO,
EMBALAGEM E TEMPO DE
ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE
DA GELEIA DE MURICI (*Byrsonima crassifolia*
(L.) Rich)**

LAVRAS – MG

2016

MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO, EMBALAGEM E TEMPO DE
ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DA GELEIA DE MURICI**

(*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)

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

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Coorientadora

Dra. Elisangela 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).**

Cunha, Mariana Crivelari da.

Impacto do processamento, da embalagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich) / Mariana Crivelari da Cunha. – Lavras: UFLA, 2016.

125 p. : il.

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

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

1. Fruto do cerrado. 2. Estocagem. 3. Vida-útil. 4. Qualidade. 5. Processamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO, DA EMBALAGEM E DO TEMPO
DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DA GELEIA DE
MURICI (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)**

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

APROVADA em 14 de março de 2016.

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas UFLA

Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Dra. Fabrícia Queiroz Mendes UFV

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

LAVRAS – MG

2016

Às pessoas que
compartilharam e compartilham comigo
todos os momentos da vida,
bons ou ruins.

Aos meus pais, José Carlos da Cunha e Maria Bernadete Crivelari,

À minha irmã gêmea, Marília Crivelari da Cunha.

Aos meus avós, José Crivelari (*in memoriam*) e Teresa Consoline Crivelari e à
minha tia Ana Lúcia Crivelari (*in memoriam*).

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em tudo o que acontece de mais simples no nosso dia-a-dia e quem me fortalece e conduz sempre por seus caminhos.

Aos meus pais, José Carlos da Cunha e Maria Bernadete Crivelari, por todo carinho, por viverem comigo este sonho e por batalharem sem medir esforços para que este se concretizasse e de quem muito me orgulho.

À minha irmã, Marília Crivelari da Cunha, pelo companheirismo, amizade e incentivo a conseguir conquistar nossos objetivos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciências dos Alimentos, pela possibilidade de realização deste curso.

Em especial, ao Professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por ter conduzido minha orientação, pela confiança e pelos ensinamentos. Não somente por isso, mas também pelo caráter generoso, inteligência, ética e competência. Trabalhar ao seu lado muito me acrescentou como pessoa e profissional.

Em especial, à Professora Elisângela Elena Nunes Carvalho, pela amizade e dedicação para realização deste trabalho e pela disposição de sempre me ajudar. Agradeço imensamente pelo carinho e atenção.

Em especial, à Professora Fabrícia Queiroz Mendes da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos, confiança e amizade, e que me acompanhou durante toda a trajetória na graduação e por se dispor a participar, mais uma vez, como membro da banca.

Ao Professor Mário Guerreiro e às técnicas Lidiany e Priscila da Central de Análises e Prospecção Química do Departamento de Química da UFLA por contribuírem e auxiliarem na realização deste trabalho.

Às laboratoristas do Laboratório de Análise de Alimentos, do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e do Laboratório de Análise

Sensorial, Tina, Heloísa, Aline e Cidinha, que acolheram e dedicaram a me auxiliar, com tanto carinho.

Aos amigos do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, a Patrícia Machado, Ana Clara Guimarães, Isadora Cardoso, Gilma Auxiliadora, Ariela Thomas, Elídio Zitha, Telma Brandão, Paulo Siriano, Lucas Rodrigues, Ezequiel Malfitano, Samantha Nunes, Nathane Resende, Paôla Henrique e Rafaela Zambaldi pelos momentos de convivência e amizade.

Aos estudantes de graduação, Ana Beatriz Araújo, Carol Kenichel, Amise Miranda, Deyvid Henrique, Caio Cavini, Maria Paula Vilas Boas, Rafael Carvalho, Júlia Peres, Christiane Sintha, Moniky Carvalho, Lívia Miqueleto, Rafaela Melo, Kelly Pereira, Melissa Molinari, Caroline Ratti, Thiago Almeida e Camila Marinho pela ajuda concedida para a realização desta pesquisa e pela amizade.

A todos os meus amigos e amigas do curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, em especial a Michele Ribeiro, Amanda Umbelina, Renata Rocha, Lenizy Rocha, Eloá Lourenço, Rhana Amanda, Esperança Baptista, Pedro Campelo, Ronaldo Elias, Francemir Lopes, João Renato, Sérgio Augusto e Heloísa Martins, pela amizade.

Ao Sillas Mayron pela concessão das fotos do murici e pela amizade.

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

Enfim, obrigada a todos que, direta ou indiretamente, se fizeram presentes, torceram pelo meu sucesso e contribuíram para que esta pesquisa se tornasse realidade.

A todos minha sincera gratidão.

MUITO OBRIGADA!

*Todo conhecimento começa com o sonho.
O sonho nada mais é que a aventura pelo mar desconhecido, em busca da terra
sonhada.
Mas sonhar é coisa que não se ensina, brota das profundezas do corpo, como a
alegria brota das profundezas da terra.
Como mestre só posso então lhe dizer uma coisa. Contem-me os seus sonhos
para que sonhemos juntos.*

Rubem Alves

RESUMO GERAL

A fruticultura do cerrado é uma atividade econômica promissora, devido à potencialidade de suas espécies, cujos frutos podem ser utilizados como alternativa ao desenvolvimento de novos produtos. O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto do processamento e o efeito do tipo de embalagem (com e sem exposição à luz) e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici, a partir de análises físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em fatorial 2 x 5, sendo dois níveis do fator embalagem (transparente e âmbar) e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com quatro repetições e parcela experimental constituída de 80 g de geleia. Os resultados foram submetidos a teste de médias, análise de regressão e correlação, quando pertinente. A polpa reconstituída de murici, utilizada como matéria-prima para a fabricação da geleia, também foi analisada e os resultados comparados com os da geleia recém-preparada, com base nas médias \pm desvio padrão. O processamento da polpa afetou efetivamente todas as variáveis analisadas, à exceção do pH. Ressalta-se o aumento nos teores de compostos fenólicos, atividade antioxidante e compostos voláteis, especialmente, álcoois e ácidos carboxílicos, na geleia, em comparação à matéria-prima. Os fenólicos identificados na polpa e geleia foram separados em flavonoides e não flavonoides, sendo o ácido gálico, o composto majoritário. Verificou-se que apenas o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) a qualidade da geleia, considerando-se todas as variáveis analisadas, exceto os teores de sólidos solúveis, cinzas, fibra alimentar e o atributo sensorial textura. Portanto, a exposição à luz (embalagem âmbar x transparente) não conferiu alterações significativas nas variáveis analisadas e o processamento da polpa, na forma de geleia, garantiu um produto, com pelo menos, doze meses de vida-útil, sem adição de conservantes.

Palavras-chave: Fruto do cerrado. Estocagem. Vida-útil. Qualidade. Processamento.

GENERAL ABSTRACT

Fruit growing in the Cerrado and the potential of its species can be used, starting with jelly preparations, as an alternative in the development of new products. The objective here in was to evaluate the effect of processing, packaging type (with and without exposure to light) and storage time on the quality of jelly, prepared from reconstituted murici pulp, over twelve months of storage, via physicochemical, microbiological and sensory analysis. We used a completely randomized design (CRD) with factorial 2 x 5, 2 light exposure levels (transparent packaging – exposure to light and amber packaging – no exposure to light) and five storage periods (0, 3, 6, 9 and 12 months), with four replications and the experimental parcel had 80g of jelly. The results were submitted mean test, regression analysis and correlation, where appropriate. The reconstituted pulp of murici used as a raw material of jelly was also analyzed and compared with the jam based on the mean \pm standard deviation. The processing of the pulp affects all variables, except for pH. It is noteworthy increase in the levels of phenolic compounds, antioxidant activity and volatile compounds, especially alcohols and carboxylic acids, the jelly compared to raw material. The phenolic identified in the pulp and jelly were separated in flavonoids and flavonoid not, and gallic acid, the major compound. It was found that only the storage time significantly influenced ($p < 0.05$) jelly quality, considering all variables except the soluble solids, ash, dietary fiber and sensory texture attribute. Therefore, exposure to light (transparent or amber packaging) did not confer significant changes in variables. The processing of the pulp in the form of jelly, secured a product with at least twelve months of life without adding food preservatives.

Keywords: Fruit of the Cerrado. Storage. Shelf-life. Quality. Processing.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1	Biomassas continentais brasileiros: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Pampa.....	17
Figura 2	(a) Muricizeiro. (b) Murici (<i>Brysonima crassifolia</i> (L.) Rich).....	21
Figura 3	Parâmetros físico-químicos no grau de geleificação pelo esquema de Rauch	25
Figura 4	Representação esquemática da estrutura convencional (a) e da alternativa recentemente proposta (b) das pectinas	27
Figura 5	(a) Pectina de alto teor de metoxilação e (b) Pectina com baixo teor de metoxilação.....	29

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Figura 1	Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p < 0,05$) da composição centesimal (umidade, lipídeos, proteína e teor glicídico) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento. Valores expressos em matéria seca	80
Figura 2	Caracterização física (parâmetros de coloração L^* , C^* e $^{\circ}\text{hue}$) e química (pH e acidez titulável) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento.....	81
Figura 3	Parâmetros sensoriais da geleia de murici (cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra), armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$) por doze meses de armazenamento	83

ARTIGO 2

Figura 1	Fluxograma do processamento da geleia de murici.....	113
Figura 2	Comportamento polinomial, a partir da regressão ($p < 0,05$) dos compostos bioativos (fenólicos totais, vitamina C, ABTS^{*+} ,	

	DPPH e β -caroteno/ácido linoleico) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C}\pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR}\pm 13,28$), por doze meses de armazenamento 115
Figura 3	Compostos fenólicos da polpa reconstituída e da geleia de murici, no tempo inicial (tempo 0) e após doze meses de armazenamento (tempo 4) utilizando HPLC-DAD/UV-Vis..... 117
Figura 4	Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p<0,05$) dos compostos fenólicos identificados por HPLC- DAD/UV-Vis da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C}\pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR}\pm 13,28$), por doze meses de armazenamento 120
Figura 5	Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p<0,05$) dos compostos voláteis identificados por CG/MS da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C}\pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR}\pm 13,28$), por doze meses de armazenamento 124

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1.1	Objetivo geral	16
2.1.2	Objetivos específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Cerrado	17
3.2	Murici (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich)	19
3.3	O processamento dos frutos	22
3.4	Geleias	23
3.4.1	Descrição dos componentes da geleia	25
3.5	Embalagem e Acondicionamento	31
3.6	Análises de qualidade da geleia	32
3.6.1	Composição centesimal	32
3.6.2	Segurança microbiológica	33
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	55
	ARTIGO 1 Impacto do processamento e embalagem sobre a qualidade da geleia de murici (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich) ao longo do armazenamento	55
	ARTIGO 2 impacto do processamento e da embalagem sobre a atividade antioxidante, perfil fenólico e compostos voláteis da geleia de murici (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich) ao longo do armazenamento	84

PRIMEIRA PARTE

AGREGAÇÃO DE VALOR À POLPA DE MURICI (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich), A ELABORAÇÃO DA GELEIA E AS AVALIAÇÕES DE QUALIDADE DO PRODUTO DESENVOLVIDO.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior biodiversidade do mundo, o que permite um grande número de espécies frutíferas. Muitas espécies ainda são pouco conhecidas, no entanto, apresentam alto valor nutricional e características sensoriais específicas (CARDOSO et al., 2011; MATTIETO; LOPES; MENEZES, 2010). Neste contexto, a fruticultura do cerrado constitui uma atividade econômica promissora, pois, esses frutos são de grande interesse agroindustrial e fonte de renda para a população local (ALMEIDA et al., 2011; CARDOSO et al., 2011).

O cerrado constitui-se a segunda maior formação vegetal brasileira. O bioma é distribuído em uma área aproximada de dois milhões de metros quadrados, o que abrange 23,9% do território nacional, localiza-se principalmente na região Centro-Oeste do país e mantém contato com outros biomas (AQUINO; OLIVEIRA, 2006).

O murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich) é considerado um dos frutos típicos do cerrado, apresenta um elevado valor nutricional, propriedades funcionais e sabor *sui generis*. Pertence à família *Malpighiaceae*, o qual possui mais de 150 espécies, havendo registro de sua distribuição por toda a América do Sul (SANNOMIYA et al., 2007). Ocorre nos meses de dezembro a maio, tanto nas regiões serranas do Sudeste, como nos cerrados do Mato Grosso e Goiás e também no litoral do Norte e Nordeste do país (FERREIRA, 2005;

GUIMARÃES; SILVA, 2008). Quando maduro, apresenta-se amarelo, com diâmetro de 1 a 2 cm e um aroma característico e exótico. Sua comercialização restringe-se às feiras livres e mercados locais (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005).

As espécies de murici já foram reportadas como uma boa fonte fibras, cálcio, fósforo, ferro e vitamina C (SILVA et al., 2008; VIEIRA et al., 2006). Estudos recentes relatam que o consumo frequente de frutas está associado a uma menor propensão ao risco de doenças crônicas, provavelmente pela presença de componentes antioxidantes, como compostos fenólicos, vitaminas e carotenoides (ALMEIDA et al., 2011; CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008). Estes compostos são antioxidantes naturais e, portanto, protegem as células contra danos e a modificações oxidativas, com amplos efeitos benéficos à saúde (MENDANHA et al., 2010; PAWLOWSKA; DE LEO; BRACA, 2006).

Os compostos voláteis presentes na fruta e responsáveis pelo aroma peculiar vem sendo reportados como de suma importância para a classificação da origem dessas frutas e na avaliação de alterações de aroma e sabor ditadas pelo processamento (ALVES, 2004; ALVES; FRANCO, 2003). O murici é descrito na literatura como uma fruta tropical de intenso aroma semelhante a queijo rançoso (ALVES; FRANCO, 2003; REZENDE; FRAGA, 2003). De acordo com Alves (2004), cerca de 47 tipos de compostos voláteis estão presentes no fruto, sendo que, a classe química mais abundante foi a dos ésteres, seguida pela dos álcoois.

O processamento do murici na forma de geleia pode favorecer seu consumo durante todo o ano, bem como representar uma alternativa de comercialização e aumentar sua vida-útil (DAMIANI et al., 2012). As geleias originaram-se com o intuito de preservar as frutas para o consumo durante o período de entressafra e são obtidas pelo processo de cocção preparado a partir

da polpa de fruta, com açúcar, pectina e ácido até atingir uma determinada consistência geleificante (TOUATI et al., 2014). Sendo assim, o processamento de alimentos objetiva-se em retardar a atividade microbiana e possíveis alterações químicas que podem influenciar na qualidade do produto, podendo ocorrer alterações desejáveis como a criação de aromas e aumento da biodisponibilidade de antioxidantes, ou indesejáveis, como a perda de vitaminas e mudanças na coloração (BRECHT et al., 2008; FERNANDES et al., 2007).

Apesar de muitos desses frutos ainda não terem seu uso difundido na alimentação humana, torna-se necessária a conscientização da população local sobre a importância dessas frutas não só como fonte de nutrientes, mas com potencial funcional e sensorial a ser investigado e explorado. Portanto, a produção de geleia de murici pode aumentar o consumo da fruta, além de se constituir em uma forma de agregação de valores, podendo gerar renda extra ao produtor. A proposta deste trabalho é a elaboração da geleia a base da polpa reconstituída de murici e a avaliação do impacto do processamento e o efeito da embalagem com incidência ou não à luz, sobre a qualidade desse produto, durante doze meses de armazenamento em temperatura ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Objetiva-se, neste trabalho, a elaboração e a avaliação das características físicas, químicas, nutricionais, microbiológicas e sensoriais da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich), bem como avaliar o efeito do processamento e da embalagem com incidência ou não de luz, no produto elaborado, ao longo de doze meses de armazenamento.

2.1.2 Objetivos específicos

- a) caracterização da polpa de murici utilizada para a elaboração da geleia, por meio de análises físicas, químicas e microbiológicas;
- b) desenvolvimento e caracterização da geleia de murici, por meio de análises físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais;
- c) identificar e quantificar os principais compostos fenólicos e voláteis presentes tanto na geleia, quanto na polpa de murici, por técnicas cromatográficas;
- d) avaliar o efeito do processamento, do tempo de armazenamento e da embalagem sobre a qualidade do produto desenvolvido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cerrado

O cerrado brasileiro é considerado a mais rica savana do mundo, em biodiversidade, pois reúne uma enorme quantidade de espécies de plantas e animais (CARRAZZA; ÁVILA, 2010). Abrange cerca de dois milhões de quilômetros quadrados e ocupa 23,9% do território nacional, constituindo o segundo maior bioma do país (CARDOSO et al., 2011; VIEIRA et al., 2006). Está representado nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Distrito Federal e ocupa parte dos estados do Maranhão, Piauí, Rondônia e São Paulo, além da região Nordeste e Amazônica (Figura 1) (RESENDE; GUIMARÃES, 2007).



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

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

Nas últimas décadas, a cobertura original do bioma tem sofrido intensa degradação, sendo reduzida a 49,1%, em 2010. A expansão agrícola, como as

grandes monoculturas de soja, milho, feijão, café, algodão, cana-de-açúcar e as extensas pastagens, ocupou o lugar da vegetação nativa e são os principais fatores responsáveis pela redução da cobertura, comprometendo a conservação de sua fauna e flora (CARDOSO et al., 2011; CARRAZZA; ÁVILA, 2010; HAMACEK et al., 2013; MELO; OLIVEIRA; FRANSCHESCHINELLI, 2014).

O cerrado ocorre em altitudes que variam de cerca de 300 a 1.600m (RIBEIRO; WALTER, 1998). O clima apresenta períodos anuais bem marcados por chuvas e secas (IBGE, 2012). A precipitação média anual é de 1.500 a 2.000 mm e a temperatura média da região se mantém estável durante todo o ano, variando entre 21,3 a 27,2°C (CARUSO, 1997; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2012).

O solo geralmente é ácido e apresenta baixa fertilidade natural, já que dispõe de baixa disponibilidade de nutrientes e capacidade de retenção de água (BRAGA FILHO et al., 2009; CARUSO, 1997; EMBRAPA, 2012; OLIVEIRA et al., 2008). Sua fauna também merece destaque devido à sua grande diversidade, constituída por insetos, aves, roedores, anfíbios, répteis e mamíferos (ÁVILA; OLIVEIRA; ASCHERI, 2010).

O bioma apresenta uma cobertura vegetal intermediária e bem variada (CARUSO, 1997). É um complexo vegetacional composto por três formações: florestais, savânicas e campestre (SANO et al., 2007). Sua vegetação apresenta 11 fitofisionomias que classificam-se em Mata Ciliar, Mata da Galeria, Mata Seca, Cerradão, Cerrado Sentido Restrito (*Stricto Sensu*), Parque de Cerrado; Palmeiral, Vereda, Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

A vegetação mais comum é o denominado Cerrado Sentido Restrito ou *Stricto Sensu*, uma formação do tipo savânica e onde se localizam as mais variadas espécies frutíferas com interesse para aproveitamento alimentar. Hoje,

existem mais de 58 espécies de frutas nativas conhecidas e utilizadas pela população (ÁVIDOS; FERREIRA, 2005).

As mais diversas espécies frutíferas encontradas no cerrado brasileiro fornecem características sensoriais únicas e alto valor nutricional. Esses frutos apresentam sabores *sui generis* e elevados teores de açúcares, vitaminas e sais minerais (ÁVIDOS; FERREIRA, 2005; SILVA et al., 2008). Através do desenvolvimento de técnicas de beneficiamento, essas frutas vêm despertando a atenção de vários segmentos da sociedade, destacando-se as agroindústrias, as instituições de pesquisa e órgãos de saúde (OLIVEIRA et al., 2008).

Essas frutas também desempenham papéis econômicos importantes para a região. Algumas espécies de frutíferas do cerrado brasileiro podem servir de fontes de exploração econômica, desde que a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias viabilizem seu aproveitamento (CARDOSO et al., 2011; MARTINOTTO et al., 2008). As espécies frutíferas que estão amplamente distribuídas nesse bioma e apresentam um grande potencial econômico, são: o baru (*Dipteryx alata* Vog.), o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), a cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart ex. D. C.); o pequi (*Caryocar brasiliense*), a mangaba (*Harcornia speciosa*) e o murici (*Byrsonima crassifolia*) (RATTER; BRIDEWATER; RIBEIRO, 2003).

3.2 Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)

O gênero *Byrsonima* pertence à família *Malpighiaceae*, o qual é constituído por cerca de 150 espécies e é amplamente distribuído por toda a América do Sul e cerca de 50% de todas essas espécies está concentrada no Brasil (SANNOMIYA et al., 2007). A espécie tem ampla distribuição no cerrado brasileiro, principalmente no estado do Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e

Minas Gerais, mas pode ser encontrado no litoral do Norte e Nordeste do país (ALVES; FRANCO, 2003; VIEIRA et al., 2006).

O nome popular do murici pode ser dado a diferentes espécies da família *Malpighiaceae*, bem como por suas cores e locais de ocorrência, tais como murici-pequeno (*B. verbascifolia*), murici-de-flor-vermelha (*B. punctulata*), murici-da-chapada (*B. salzmanniana*), murici-do-campo (*B. crassifolia*, *B. intermedia*), murici-da-mata (*B. crispa*), murici vermelho (*B. amazônica*), dentre outros (FERREIRA, 2005; RUFINO, 2008).

O muricizeiro é uma pequena árvore perene que apresenta de 2 a 6m de altura, com um tronco tortuoso de casca espessa. As folhas são simples, apresentam-se de 7 a 15 cm de comprimento por 3 a 7 cm de largura, de ápice agudo e pêlos ferrugíneos na face inferior. As inflorescências são hermafroditas, formadas por cinco pétalas amarelas, apresentam-se em racimos alongados, com cerca de 12 cm de comprimento (FERREIRA, 2005; MALDINI; MONTORO; PIZZA, 2011; SIGUEMOTO, 2013).

O muricizeiro se desenvolve em solos areno-argilosos. Sua frutificação tem início em novembro/dezembro, estendendo-se até abril/maio do ano seguinte e a produção média gira em torno de 12 kg de frutos por pé (FERREIRA, 2005).

O murici é uma drupa pequena, trilocular, arredondada ou alongada, apresentando cerca de 1-2 cm de diâmetro. Quando maduro, apresenta o exocarpo e o mesocarpo de coloração amarela. O mesocarpo (parte comestível) é macio, pastoso, de sabor adocicado, apresentando aroma muito característico e peculiar, semelhante a queijo rançoso. O endocarpo (caroço) é arredondado ou ovalado e rígido (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005).

Os frutos possuem alto valor nutricional, sendo considerados uma boa fonte fibras, cálcio, fósforo, ferro e vitamina C (SILVA et al., 2008; VIEIRA et al., 2006). São consumidos *in natura* ou sob forma de sucos, licores, sorvete,

iogurte, doces e geleias; podendo também ser consumidos misturados com farinha de mandioca (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005).

O murici é um fruto de importância econômica para pequenas comunidades que o colhem de forma extrativista, para consumo próprio e comercialização. Apesar da importância do muricizeiro para essas comunidades, pouco se conhece sobre as informações de cultivo, de produção, de pós-colheita e soluções tecnológicas de aproveitamento e conservação do fruto (SIGUEMOTO, 2013; VIEIRA et al., 2006).



Figura 2 (a) Muricizeiro. (b) Murici (*Brysonima crassifolia* (L.) Rich)

3.3 O processamento dos frutos

A maioria das espécies frutíferas nativas do Brasil tem sua exploração baseada quase que exclusivamente no extrativismo. O emprego de tecnologias adequadas para seu processamento pode contribuir para potencializar sua utilização, sendo um diferencial quanto ao seu aproveitamento e assim poder conquistar novos consumidores (DAMIANI, 2009; NOGUEIRA; NASCIMENTO JUNIOR; BASTOS, 2009).

De acordo com Brecht et al. (2008) o processamento de alimentos tem como objetivo aumentar a vida-útil do produto, a fim de retardar algumas alterações químicas e microbiológicas que possam afetar a qualidade do alimento. No entanto, o processamento pode causar alterações nutricionais e funcionais, como exemplo, afetar a atividade e a biodisponibilidade de compostos bioativos, como a degradação da vitamina C e a oxidação química de compostos fenólicos, mas também os torna sensorialmente mais atraentes e propicia o aumento da sua vida-útil e disponibilidade de alimentos de boa qualidade (KAUR; KAPOOR, 2001; MAIA et al., 2007; SILVA; LOPES; VALENTE-MESQUITA, 2006).

Existem alguns estudos recentes sobre o efeito do processamento sobre os alimentos, principalmente quanto ao teor de compostos bioativos, sendo reportados por Raupp et al. (2011), Rinaldi et al. (2013) e Zardo et al. (2008), em alimentos concentrados e fermentados, utilizando como fonte romã, beterraba e maçã, respectivamente. No entanto, trabalhos que obtenham resultados referentes ao processamento de frutas nativas do cerrado, bem como informações sobre a estabilidade desses componentes naturalmente presentes durante o tempo de armazenamento ainda são muito escassos.

3.4 Geleias

De acordo com a Resolução CNNPA nº 12/1978 do Ministério da Saúde pela regulamentação da 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 consistência geleificante. Deve conservar-se bem, sem sofrer alterações microbiológicas ou sensoriais, não deve ser açucarada, pegajosa ou viscosa, devendo conservar o sabor e o aroma da fruta original, além de que, sua consistência deve ser tal que, quando extraída do seu recipiente, seja capaz de manter-se no estado semissólido, sem escorrer, sendo macia ao cortar, porém firme (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA, 1978, 2005).

Para o processamento de geleia é importante que sejam utilizadas frutas sãs, limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitas, 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 ser isento de pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência do conteúdo natural desses componentes na fruta, não sendo permitido que seja colorida e aromatizada artificialmente (ANVISA, 2005).

Quanto às características microbiológicas, de acordo com a RDC nº 12/2001, as geleias de frutas devem obedecer ao seguinte padrão: coliformes a 45°C máximo de 10^2g^{-1} para amostra indicativa; *Salmonella* sp: ausência em 25g; fungos e leveduras: máximo, 10^4g^{-1} (ANVISA, 2001).

A classificação adotada pela legislação vigente, determina que uma geleia é classificada como: comum ou extra. A geleia comum é preparada numa proporção de quarenta partes de frutas frescas e sessenta partes de açúcar. A

geleia extra é preparada numa proporção de cinquenta partes de frutas frescas e cinquenta partes de açúcar. A geleia pode ser denominada simples, quando preparada com um único tipo de fruta ou denominada mista, quando preparada com mais de um tipo de fruta (ANVISA, 2005).

Os principais componentes para elaboração de uma geleia são: fruta, pectina, ácido, açúcar e água (Figura 3). Uma combinação adequada entre esses componentes resulta na produção de uma geleia de boa qualidade. As frutas contribuem com o sabor, aroma e cor. A pectina confere a consistência gelatinosa. O açúcar, além do poder adoçante, contribui para a formação do gel e atua como conservante. O ácido tem por finalidade promover a ocorrência da geleificação (SOUZA; BRAGANÇA, 2000; TORREZAN, 1998).

A Figura 3 demonstra a influência dos principais componentes necessários para o processamento de geleias e os parâmetros físico-químicos de acordo com o grau de geleificação. De acordo com o esquema, o pH ótimo para a formação do gel está entre 2,5 a 3,3, enquanto que, a concentração ótima de açúcar, ao redor de 65 a 69%. A quantidade de pectina para formar o gel depende muito da qualidade da mesma, e, geralmente, 1% é suficiente para produzir uma geleia com boa consistência (JACKIK, 1988; LOPES, 2007). Portanto, os fundamentos e princípios da conservação de geleias de frutas são basicamente: a elevada concentração de açúcar, baixo valor de pH e o tratamento térmico (cocção) (FERNANDES; SOUZA, 2001).

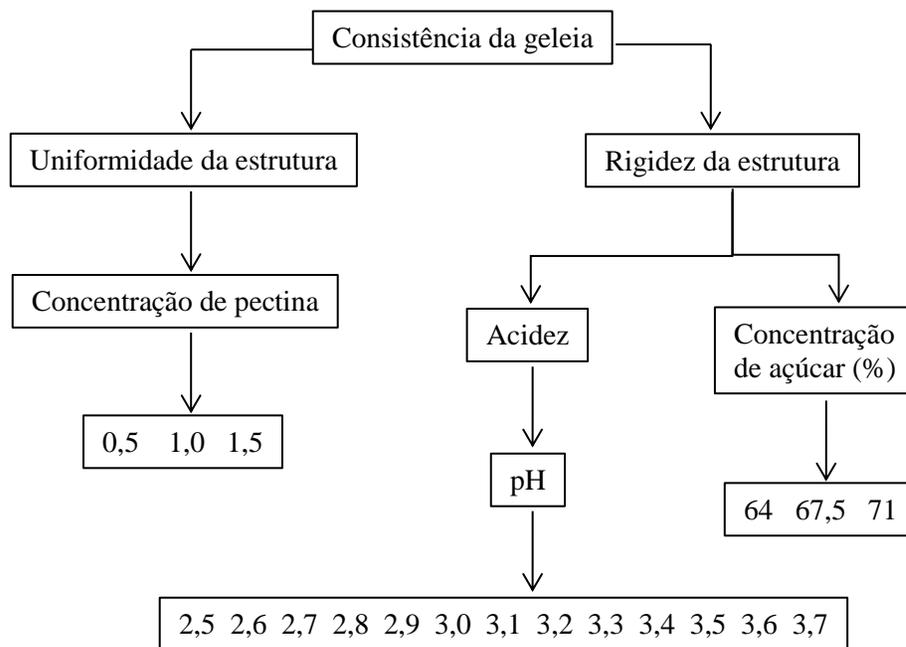


Figura 3 Parâmetros físico-químicos no grau de geleificação pelo esquema de Rauch
 Fonte: Rauch (1978)

3.4.1 Descrição dos componentes da geleia

Fruta

As frutas destinadas à fabricação de geleia devem ser colhidas no estágio ótimo de maturação, quando apresentam seu melhor aspecto sensorial, como: sabor, cor e aroma. Frutas muito verde apresentam deficiência nesses componentes sensoriais, enquanto que frutas demasiadamente maduras, sofrem perdas da pectina por ação enzimática e não formam o gel (SOUZA; BRAGANÇA, 2000).

Muitas frutas são ricas em pectina e ácido, e são essas as mais indicadas para o processamento de geleias. Outras são ricas em pectina ou em ácido ou

deficiente em ambos. Conforme o caso, a complementação desses componentes pode ser feita com a adição de ácido ou pectina comercial (JACKIK, 1988; TORREZAN, 1998).

Pectina

As pectinas são heteropolissacarídeos contendo predominantemente resíduos de ácido galacturônico, e ocorrem naturalmente, como um dos componentes presentes nas paredes celulares de plantas superiores (CANTERI; WOSIACKI; SCHEER, 2012; LOYOLA; PAVEZ; LILLO, 2011; WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). Está associada, naturalmente, com a celulose, hemicelulose e lignina, contribuindo para a adesão entre as células, proporcionando desse modo firmeza e resistência mecânica aos tecidos (LIMA et al., 2010).

As substâncias pécticas são polissacarídeos com estruturas complexas, altamente ramificadas, hidrofílicas e ricas em ácido D-galacturônico ligados covalentemente por ligações α -(1,4), na qual os grupos carboxílicos podem ser metil esterificados em diferentes extensões. Em alguns trechos, L-ramnose se alterna com os resíduos de ácido D-galacturônico em ligações α -(1,2). Outros açúcares neutros, como galactose e arabinose, podem ser encontrados nas cadeias laterais (SILA et al., 2009; WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006).

A pectina é formada por três frações: homogalacturonana (HG), ramnogalacturonana I (RG I) e ramnogalacturonana II (RG II) (SILA et al., 2009). A homogalacturonana é um polímero linear constituído por α -D-ácido galacturônico unidos por ligações α -(1,4) e corresponde a cerca de 60-65% do total da pectina. A ramnogalacturonana I (RG I) consiste na repetição do dissacarídeo (\rightarrow 4) α -D-ácido galacturônico (1 \rightarrow 2) α -L-ramnose (1 \rightarrow), com uma variedade de diferentes cadeias laterais ligadas aos resíduos de ramnose, essa estrutura representa de 20-35% da pectina, enquanto que, a ramnogalacturonana

II (RG II) apresenta uma cadeia principal de homogalacturonana ao invés de ramnogalacturonana, com complexas cadeias laterais nos resíduos de ácido galacturônico (CANTERI; WOSIACKI; SCHEER, 2012; WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). Estudos permitiram esquematizar estruturas hipotéticas da pectina. Na representação esquemática de Willats, Knox e Mikkelsen (2006) (Figura 4), está indicada a alternativa de modelo recentemente proposto a partir da representação convencional e mais usual.

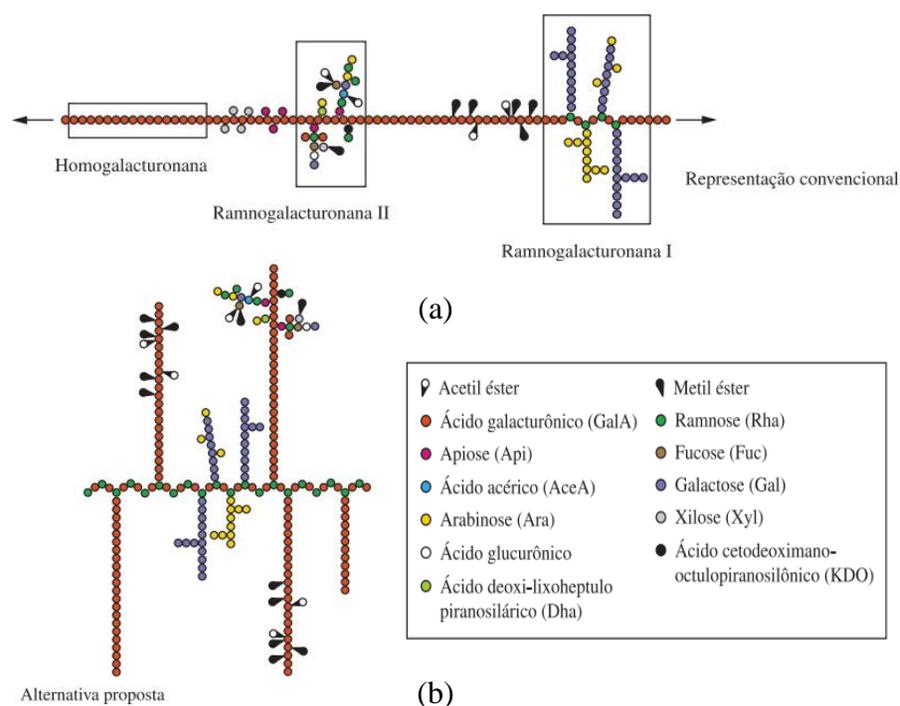


Figura 4 Representação esquemática da estrutura convencional (a) e da alternativa recentemente proposta (b) das pectinas

Fonte: Willats, Knox e Mikkelsen (2006)

Grau de esterificação das pectinas

Na estrutura molecular da pectina, dependendo do grau de substituição dos grupos carboxilas, presentes nos monômeros de ácido D-galacturônico, estes podem ou não ser esterificados por grupos metoxila (-OCH₃) e a percentagem de grupos esterificados é expressa como grau de metoxilação ou grau de esterificação (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). Dependendo da fonte, resíduos de ácido galacturônico podem ser o-acetilados em C₂ ou C₃ e a percentagem de resíduos de ácido galacturônico ligados a grupos acetil é definida como grau de acetilação. Tanto o grau de esterificação, quanto o grau de acetilação apresentam alterações sobre as propriedades funcionais das pectinas (VAN BUGGENHOUT et al., 2009; WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006).

Pectina com mais de 50% de grupos esterificados são denominadas de alto grau de esterificação, enquanto que, pectinas com grau de esterificação menor que 50% são denominadas de baixo grau de esterificação (Figura 5) (LIMA et al., 2010; SOUTOR-MAIOR et al., 2008).

Dentre as pectinas com alto teor de metoxilação, a geleificação ocorre a concentrações de 60-80% de sólidos solúveis e pH entre 2,5 a 3,8. No entanto, as pectinas com baixo teor de metoxilação podem formar gel em concentrações de sólidos de 10-70% e pH de 2,8 a 6,0, porém, na presença de íons bivalentes, como cálcio e magnésio. Não é necessária a adição da sacarose para a formação do gel (KLIEMANN et al., 2009; TORREZAN, 1998).

Dentre as aplicações da pectina, esta promove o aumento da viscosidade, devido à sua capacidade de formar gel e funciona como coloide estabilizante, com aplicação em sorvetes, estabilização de bebidas e principalmente na fabricação de doces e geleias. Dentre outras propriedades estão a prevenção de flotação em preparados de frutas, a maciez a partir da melhoria da textura, o

aumento do volume e o controle da sinérese (CANTERI; WOSIACKI; SCHEER, 2012; LIMA et al., 2010).

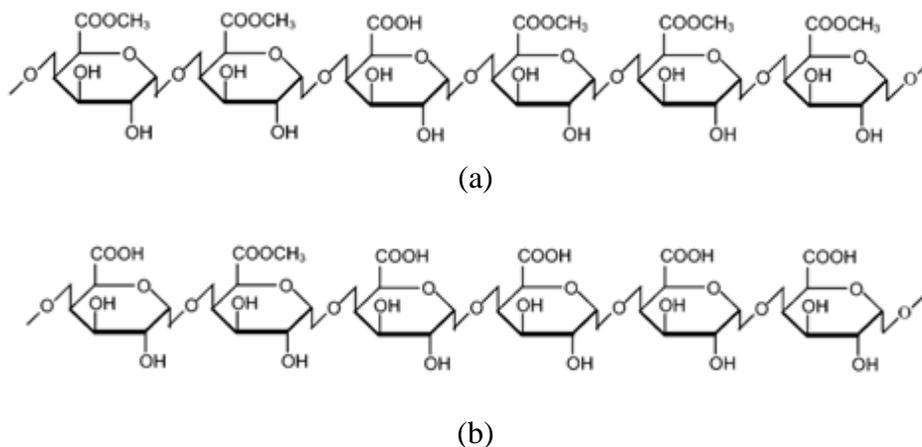


Figura 5 (a) Pectina de alto teor de metoxilação e (b) Pectina com baixo teor de metoxilação

Fonte: Tharanathan (2003)

Processo de geleificação

A formação do gel ou a geleificação é um fenômeno coloidal, dependente da concentração e tipo de pectina, da quantidade de açúcar e ácido. Portanto, a geleificação da pectina ocorre devido à precipitação desta, em função da adição do açúcar, que altera o equilíbrio entre pectina-água. A pectina precipita-se como um coloide hidratado formando uma rede de fibrilas não solúveis com capacidade de aglutinar solutos, como o açúcar sob a formação de gel e retenção de líquido (LOPES, 2007). Sendo assim, o gel de pectina é formado quando as porções de homogalacturonana formam uma rede cristalina tridimensional em que ocorre a retenção da água e solutos (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006).

Açúcar

O açúcar empregado com maior frequência na fabricação de geleias é a sacarose, provinda da cana-de-açúcar (*Scchabarum* L). É um dos componentes importantes na formulação de vários alimentos. Fornece doçura e sabor, assim como tem efeito na coloração, textura, rendimento e aparência geral do produto. Contribui ainda para a formação do gel, no preparo de doces e geleias e também atua como conservante, pois, quando presente em altos teores nos alimentos, inibe o crescimento de microrganismos (LOPES, 2007; MACHADO, 2012; SOUZA; BRAGANÇA, 2000).

Durante a cocção, a sacarose sofre, em meio ácido, um processo de hidrólise e/ou inversão, sendo convertida parcialmente em glicose e frutose. Essa inversão parcial é necessária para evitar a cristalização da sacarose durante o armazenamento do produto (TORREZAN, 1998). Essa nova mistura de sacarose, glicose e frutose apresenta maior solubilidade que a sacarose pura, de forma que possa atingir uma concentração final de sólidos acima de 68,7%, sem que ocorra a cristalização (JACKIK, 1988).

Em geral, recomenda-se que 35 a 40% do açúcar presente na geleia estejam sob a forma invertida. Uma inversão excessiva da sacarose pode ocasionar a formação de cristais, portanto, o grau de inversão deve ser controlado quanto: ao tempo de cocção, temperatura de cocção e pH (LOPES, 2007).

Acidificação

A adição de acidulantes é utilizada no controle de correções no processamento de produtos à base de frutas e a quantidade a ser adicionada dependerá do teor já existente na matéria-prima (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A acidificação em geleias, tem por finalidade abaixar o pH para obter-se a geleificação adequada e realçar o sabor e o aroma natural da fruta. Geralmente

utilizam-se, preferencialmente, ácidos orgânicos que são constituintes naturais das frutas, tais como o cítrico, tartárico e o málico (TORREZAN, 1998).

3.5 Embalagem e Acondicionamento

A demanda por produtos processados com características sensoriais similares aos alimentos *in natura* tem requerido, também, formas adequadas de acondicionamento. Para impedir a degradação da coloração do produto, bem como a perda de características sensoriais e nutricionais, há necessidade de embalagens que bloqueiem a incidência de luz (MIRANDA et al., 2012).

Segundo Alves e Garcia (1993) a incidência de luz é uma das principais causas de degradação, provocadas por reações de fotodegradação de constituintes presentes nos alimentos. Dentre essas reações, destacam-se a decomposição do ácido ascórbico e degradação de compostos bioativos, levando à deterioração do sabor, redução da vida de prateleira e à perda do valor nutricional (KOCA; SELEM BURDURLU; KARADERNIZ, 2003). Portanto, o tipo de embalagem utilizada é importante na conservação do produto, a fim de manter a qualidade e segurança e atuar como barreira contra fatores responsáveis pela deterioração química (JORGE, 2013; PAVLOVSKA; TANEVSKA, 2013). Dentre os tipos de embalagem que protege o produto contra perdas de integridade, destaca-se o vidro.

O vidro é um dos materiais mais antigos de que se tem conhecimento. É definido como um líquido rígido formado principalmente por sílica, carbonato de sódio e óxido de cálcio. Quanto à sua coloração, podem ser incolores ou apresentarem determinadas cores devido à adição de elementos inorgânicos. Dependendo dos elementos introduzidos, a coloração do vidro apresenta uma função utilitária, podendo atuar na retenção à incidência de luz e proteger o produto contra radiações que o deterioram (JORGE, 2013).

3.6 Análises de qualidade da geleia

3.6.1 Composição centesimal

Os alimentos constituem-se como veículo de aquisição de vários nutrientes, baseado no seu valor energético, proteico, mineral e vitamínico e a composição nutricional destes pode variar em função da espécie, variedade e o processamento (VILAS BOAS, 1999). Logo, concebe-se que o conhecimento da composição química dos alimentos seja de fundamental importância para estabelecer informações nutricionais e dietas que atendam às necessidades metabólicas e energéticas dos seres humanos (VILAS BOAS, 1999, 2000).

Análises físico-químicas

Sólidos solúveis indicam, em quantidade, todas as substâncias dissolvidas e presentes tanto nas frutas, quanto em produtos processados à base de frutas e são constituídos em sua maioria por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose.

O teor de sólidos solúveis é de grande importância tanto para os frutos, quanto para o processamento industrial, pois as matérias-primas que apresentam maiores teores de açúcares são ideais para a industrialização, para que se obtenha controle do rendimento e do processo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez é dada pela presença de ácidos orgânicos que se encontram tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres e glicosídeos. (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os ácidos predominantes encontrados em frutos são o cítrico, málico, tartárico e acético (CECCHI, 2003).

Outro método comumente utilizado para medir a acidez é o potencial hidrogeniônico (pH), no qual se expressa a quantidade de ácido dissociado na solução. O valor alto de pH favorece a deterioração do alimento com o

crescimento de microrganismos e a atividade de enzimas (LEAL; HENRIQUES; LUNA, 2008).

3.6.2 Segurança microbiológica

A segurança é um atributo de qualidade mais desejável nos produtos alimentícios, os quais devem ser isentos de toda e qualquer substância que possa ser prejudicial à saúde do consumidor. A segurança do alimento corresponde na estimativa de ocorrências de perigos no produto e as medidas que são adotadas para reduzir a probabilidade da ocorrência destes perigos, podendo ser classificados em três tipos: físicos (ex. insetos, sujidades), químicos (ex. resíduos de defensivos agrícolas, substâncias tóxicas naturais presentes no alimento) e biológicos (ex. microrganismos patogênicos) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os perigos biológicos são frequentemente relacionados com doenças alimentares, e resultantes da contaminação e multiplicação de microrganismos. Alguns microrganismos tidos como “indicadores”, podem ser utilizados para refletir a qualidade microbiológica dos alimentos. Em geral, são utilizados para avaliar a sanificação e aspectos gerais de qualidade em alimentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; JAY, 2005).

Dentre os microrganismos indicadores, o grupo de bactérias coliformes são as que indicam a contaminação de origem fecal. Os coliformes são bastonetes Gram-negativos, não esporulados, que fermentam a lactose com produção de gás dentro de 48 horas a 35°C, sendo esta a única característica para determinação presuntiva (JAY, 2005; MORAIS et al., 2010). Sendo assim, os métodos de determinação de coliformes fornecem apenas uma estimativa, a confirmação da presença do microrganismo deve ser feito em meio seletivo.

Para indicar a contaminação fecal e eventual presença de microrganismos patogênicos, utilizam-se como indicadores de contaminação os coliformes termotolerantes, cujo representante principal é a *Escherichia coli* e tem como característica fermentar a lactose com produção de gás a $44,5^{\circ}\text{C}\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas em meio específico (JAY, 2005; MORAIS et al., 2010). O indício de contaminação por coliformes pode indicar falhas de higiene durante o processamento do alimento.

A determinação de fungos filamentosos e leveduras é aplicável geralmente na análise de alimentos ácidos, com pH menor que 4,5 e sua ocorrência pode indicar falhas tanto no processamento quanto nas condições de armazenamento, podendo comprometer a vida útil do produto (DAMIANI, 2009).

Portanto, o estabelecimento das fontes de contaminação de um alimento é importante para que se possa exercer um controle, e manter a população de microrganismos no alimento a mais baixa possível, resultando em um produto de maior vida útil e reduzindo o risco de intoxicações e infecções alimentares.

Análise sensorial

A análise sensorial é uma ciência capaz de medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características sensoriais dos alimentos e como elas são percebidas pelos órgãos de sentido, como a visão, olfato, paladar, tato e audição (AMARINE; PANGBORN; ROESSLER, 1965).

É uma ferramenta imprescindível para a caracterização completa de alimentos e, através da aplicação de modernas técnicas, é possível transformar dados subjetivos em resultados objetivos. Atualmente, essa análise apresenta técnicas bem desenvolvidas, com aplicações em várias etapas da elaboração de novos produtos alimentícios (LIMA et al., 2006).

Para a indústria de alimentos essa análise é de grande importância, pois através dela pode-se designar a qualidade de determinado produto e avaliar

aspectos intimamente relacionados à escolha deste. Dessa maneira, características de qualidade sensorial, tais como sabor, odor, cor, textura e aparência, precisam ser monitorados desde o momento da percepção até a escolha do alimento, por meio de estudos do consumidor, do efeito do processamento, no controle de qualidade e na estabilidade da qualidade sensorial durante o armazenamento do produto alimentício (DUTCOSKY, 2011; GULARTE, 2009).

Para alcançar os objetivos específicos de cada análise, são elaborados métodos de avaliação diferenciados. Esses métodos apresentam características que moldam com o objetivo da análise (TEIXEIRA, 2009). No presente trabalho, dentre os principais métodos de caracterização sensorial, será aplicado os métodos afetivos, que consistem em avaliar de maneira subjetiva, a aceitação do provador sobre o produto testado.

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário de plantas, amplamente distribuídos no reino vegetal, caracterizados por possuírem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, podendo englobar desde moléculas simples e até com alto grau de polimerização (BRAVO, 1998; FINCO et al., 2012; HERNANDEZ; GONZALES, 1999). Podem ser encontrados em vegetais, na forma livre ou ligados a açúcares e proteínas (CROFT, 1998). Sua origem biossintética está relacionada a duas rotas: a via do ácido chiquímico, que participa da biossíntese da maioria dos compostos fenólicos em vegetais e a via do ácido malônico, que é menos significativa em plantas superiores (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A rota do ácido chiquímico converte precursores de carboidratos derivados da glicólise (ácido fosfoenolpiruvato) e da rota das pentoses fosfato (eritrose-4-fosfato) em aminoácido aromático, como a fenilalanina. Essa é uma das etapas reguladoras importantes na formação de muitos compostos fenólicos,

sendo catalisada pela fenilalanina amonialiase (PAL) (TAIZ; ZEIGER, 2009), com a formação de compostos fenólicos com diferentes grupamentos em função dos elementos estruturais que estão ligados a estes anéis (BUTTERFIELD et al., 2002; HERNANDEZ; GONZALES, 1999).

Os compostos fenólicos podem ser distribuídos em quatro grupos: i) ácidos fenólicos com subclasses, derivados do ácido hidroxibenzoicos, como o ácido gálico e o ácido hidroxicinâmico; ii) flavonoides, os quais incluem flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavononas, flavonóis antocianinas e antocianidinas; iii) estilbenos cujo o representante mais conhecido é o resveratrol; iv) taninos, que são divididos em dois grupos: galotaninos, elagitaninos ou taninos hidrolisáveis (BUTTERFIELD et al., 2002; ISHIMOTO et al., 2006).

O teor de compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças pode ser influenciado por diversos fatores, entre os quais: i) maturação; ii) origem geográfica; iii) a espécie e/ou cultivar; iv) as condições de colheita e v) o processo de armazenamento (ISHIMOTO et al., 2006; SOARES et al., 2008). Como também podem ser atribuídos efeitos benéficos à saúde, devido à atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana e antimutagênica (ALMEIDA et al., 2011; HOSSAIN et al., 2014; MALTA et al., 2012; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012; TAOFIQ et al., 2015).

Estudos recentes mostram que o murici apresenta elevada capacidade antioxidante (ALMEIDA et al., 2011; MALTA et al., 2013; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012), devido principalmente ao alto teor de compostos fenólicos, como derivados de quercetina, derivados do ácido gálico, catequinas e protocianidinas (GORDON et al., 2011).

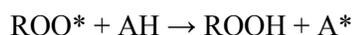
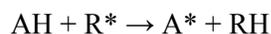
Propriedades antioxidantes

As plantas do cerrado, por enfrentarem a estação da seca, permanecendo por mais de dois meses sem chuva, adaptaram mecanismos para resistirem ao sol

e à estiagem. Conseqüentemente, há uma tendência de que essas plantas aumentem a síntese e a atividade antioxidante, a fim de captarem radicais livres que são tipicamente produzidos nessas condições e tóxicos às membranas celulares. Logo, existe um número significativo de espécies frutíferas exóticas ainda não exploradas, e que são alvos potenciais para avaliação da capacidade antioxidante (MORAIS et al., 2013; ROESLER, 2007).

Antioxidantes podem ser definidos como quaisquer substâncias, que presentes em baixas concentrações, retardam e/ou inibem a velocidade da oxidação, através de um ou mais mecanismos, tais como os bloqueadores da reação em cadeia (doadores e/ou receptores de átomos de hidrogênio) e a complexação com metais (ARAUJO, 2011; DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; MORAIS et al., 2013). Podem ser sintéticos ou naturais, e devem ser seguros para a saúde, quando utilizados em alimentos (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Alguns antioxidantes sintéticos mais importantes são butil hidroxianisol (BHA), butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroquinona (TBHQ), dentre outros e os naturais. E entre os antioxidantes naturais destacam-se o ácido ascórbico (vitamina C), os tocoferóis (vitamina E), β -caroteno e o ácido cítrico (ARAUJO, 2011; RICER-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996).

O mecanismo de ação de antioxidantes (AH) funciona removendo os radicais livres (R^* ou ROO^*) logo que são formados, portanto, são eficientes apenas quando a concentração do radical livre for baixa. A reação direta do antioxidante com o substrato (R^*) é menos importante que a reação com o radical peroxil (ROO^*) (ARAUJO, 2011).



Onde: R^* : radical livre; ROO^* : radical peroxil; ROOH: hidroperóxido. Fonte: Araújo (2011)

A capacidade antioxidante presente em determinados alimentos, especificamente em frutas, variam de acordo com a composição de vitaminas, principalmente as vitaminas C e E, carotenoides e os compostos fenólicos (SAURA-CALIXTO; GONI, 2006).

A compreensão dos mecanismos pelos quais os antioxidantes protegem o organismo, envolve o conhecimento sobre os danos oxidativos causados pelos radicais livres (COSTA; PELUZIO, 2008). Os radicais livres de oxigênio (radicais hidroxila e peroxila) e ânion superóxido apresentam instabilidade estrutural devido às espécies químicas apresentarem elétrons desemparelhados, o que atribui a essas espécies grande reatividade (COSTA; PELUZIO, 2008; DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). As espécies reativas de oxigênio (EROS) são formadas por mecanismos enzimáticos, químico, fotoquímico e por irradiação no alimento, sendo capazes de oxidar diversas biomoléculas, como enzimas, proteínas, lipídeos e vitaminas (ARAUJO, 2011; DUDONNE et al., 2009).

É inevitável que ocorra deterioração do alimento com o tempo. Durante a produção, o processamento e o armazenamento, ocorrem várias reações de deterioração envolvendo microrganismos, processos químicos e enzimáticos, portanto, é necessária a utilização e a presença de constituintes naturalmente presentes nos alimentos que ofereçam a proteção contra processos oxidativos (ARAUJO, 2011).

Diferentes metodologias têm sido usualmente utilizadas para avaliar a atividade antioxidante de frutos (SANCHEZ-MORENO; LARRAURI, 1998). Estes métodos podem ser baseados na captura do radical peroxila (ORAC), poder de redução do metal (FRAP e CUPRAC), captura do radical orgânico (ABTS^{*+} e DPPH) e pela quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS, oxidação do LDL e co-oxidação do β -caroteno) (FRANKEL; MEYER, 2000; SANCHEZ-MORENO; LARRAURI,

1998). Dentre estes, os métodos mais utilizados atualmente são: ABTS, FRAP, DPPH e ORAC (PEREZ-JIMENEZ; SAURA-CALIXTO, 2006).

Estes métodos para determinação da capacidade antioxidante diferem em termos de princípios de ensaio e das condições experimentais. Como estão envolvidos vários mecanismos de reação, uma única metodologia não quantifica todas as substâncias antioxidantes de um sistema complexo, sendo assim, o uso de dois ou mais métodos podem fornecer maior elucidação do perfil completo da capacidade antioxidante (RIBEIRO et al., 2013).

Compostos voláteis

Os compostos voláteis são responsáveis pelo aroma característico de determinado alimento. Estão presentes em um amplo intervalo de concentração, possuindo diferentes constituintes químicos. A caracterização desses compostos responsáveis pelo aroma das frutas é útil para a classificação da origem destas, para reconstituição e desenvolvimento de novas formulações de aromas, bem como para avaliar possíveis mudanças que podem ocorrer durante o processamento do fruto, monitorando a qualidade do produto elaborado (AGUIAR et al., 2014; ALVES, 2004).

A composição da fração volátil de alimentos é um dos principais atributos relacionados à característica de qualidade sensorial (BICAS et al., 2011; MORALES et al., 2014). Em frutas e hortaliças, os compostos voláteis são representados geralmente por ésteres, aldeídos, alcoóis, terpenos ou os seus derivados e dentre estas, existem substâncias isoladas que são capazes de refletir o *flavor* característico e/ou majoritário (BICAS et al., 2011).

O aroma característico de frutas desenvolve-se no curto período de amadurecimento pleno, durante o qual o metabolismo das frutas muda para catabolismo de pequenas quantidades de lipídeos (ácidos graxos), proteínas (aminoácidos) e carboidratos, os quais são enzimaticamente convertidos em compostos voláteis (HEATH; REINECCIUS, 1986; TRESSEL; ALBRECHT,

1986; TRESSEL; HOLZER; APERTZ, 1975). Em algumas frutas, a biossíntese de terpenos e biodegradação de carotenoides também contribuem para o aroma típico (RODRIGUES-AMAYA, 2003).

O aroma do murici é descrito na literatura como uma fruta tropical de intenso aroma frutal, com *flavor* semelhante a queijo rançoso (ALVES; FRANCO, 2003; REZENDE; FRAGA, 2003). De acordo com Alves e Franco (2003), foram detectados quarenta e sete compostos voláteis presentes no murici, dos quais quarenta e um foram identificados. Dentre esses compostos, os mais abundantes presentes no fruto foram o etanol (28,3%) e hexanoato de etila (25,1%). Segundo os autores Rezende e Fraga (2003), as substâncias de maior impacto no aroma, presentes no murici foram: butanoato de etila (frutal e doce), hexanoato de etila (frutal), 1-octeno-3-ol (odor semelhante a cogumelo), o ácido butírico e/ou butanóico (queijo rançoso), o ácido hexanóico (pungente, queijo) e 2-feniletanol (floral). Dentre as técnicas utilizadas para a determinação de voláteis, destaca-se a microextração em fase sólida (SPME).

A microextração em fase sólida, é uma técnica utilizada rotineiramente na combinação com cromatografia gasosa (CG) e cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (CG-MS), aplicada especialmente na extração ou pré-concentração de compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis (ARAUJO, 2011; AUGUSTO et al., 2000; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000). É uma técnica versátil que oferece vantagens como alta sensibilidade, rapidez, e não é necessária a utilização de solvente (CHEONG et al., 2011). A técnica baseia-se na separação e/ou partição dos compostos orgânicos do analito entre o revestimento de filme polimérico coberto de sílica fundida existente na fibra, e a dessorção do concentrado no cromatógrafo gasoso (ARAUJO, 2011; ZANG; PAWLISZYN, 1993).

A amostra é colocada num frasco de vidro e selada com uma tampa metalizada. Antes do início do procedimento de microextração, a fibra deve ser

limpa para a remoção de possíveis sujidades presentes no ar e que possam contaminar o material polimérico presente nela. Após a limpeza, para análise em *headspace*, a agulha perfura o septo da tampa e a fibra é estendida até a fase gasosa acima da amostra (ARAUJO, 2011; KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000).

Na microextração, uma pequena quantidade de fase gasosa extraída irá se associar com o suporte sólido existente na fibra, durante um tempo pré-estabelecido, até que a concentração do analito tenha atingido equilíbrio entre a matriz de distribuição da amostra e o revestimento da fibra (KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000; LORD; PAWLISZYN, 2000). Após o tempo determinado de amostragem, a fibra é retirada e inserida diretamente no injetor cromatográfico (KATAOKA; LORD; PAWLISZYN, 2000). Os compostos orgânicos voláteis adsorvidos pela fibra são termicamente desorvidos pelo aquecimento do injetor cromatográfico e transferido diretamente para a coluna cromatográfica (ARAUJO, 2011).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento da polpa reconstituída de murici afetou, de forma geral, todas as variáveis analisadas, com redução dos componentes centesimais e as variáveis físicas e químicas, exceto o teor de sólidos solúveis, teor de glicídios e o valor energético. No entanto, promoveu um aumento nos teores de compostos fenólicos e conseqüentemente na atividade antioxidante, bem como na quantidade de álcoois e ácidos voláteis de cadeia curta.

O fator tempo de armazenamento foi o que mais influenciou na qualidade da geleia ($p < 0,05$), exceto para as variáveis: sólidos solúveis, cinzas, fibra alimentar e o atributo sensorial textura, bem como, com a redução de compostos fenólicos, atividade antioxidante e ésteres voláteis; enquanto que, o fator embalagem (exposto ou não à luz) não afetou significativamente as análises físicas, químicas, centesimais e sensoriais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução de Diretoria Colegiada n. 12, de 24 de junho de 1978. Normas Técnicas Relativas à Alimentação e Bebidas. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 1978. Seção 1, p. 1-75. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_doce_fruta.htm>. Acesso em 28 jul. 2015.

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: 25 ago. 2015.

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: 25 ago. 2015.

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.

ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 985, p. 297-301, 2003.

ALVES, G. L. **Compostos voláteis importantes para o aroma de jenipapo (*Genipa Americana* L.) e murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich)**. 2004. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para sucos de fruta. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-122, 1993.

AMARINE, M. A.; PANGOBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic, 1965.

AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, M. C. **Reserva legal no Bioma do Cerrado: uso e preservação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 25 p.

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

AUGUSTO, F. et al. Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 873, p. 117-127, 2000.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos cerrados: preservação gera muitos frutos**. 2005. Disponível em: <<http://www.biotechnologia.com.br/revista/bio15/frutos.pdf>>. Acessado em: 9 ago. 2014.

ÁVILA, R.; OLIVEIRA, L. F.; ASCHERI, D. P. R. Caracterização dos frutos nativos dos cerrados: araticum, baru e jatobá. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 1, n. 1, p. 53-69, 2010.

BICAS, J. L. et al. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, p. 1843-1855, 2011.

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.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

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.

BUTTERFIELD, D. A. et al. Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's diseases. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 8, p. 444-461, 2002.

CANTERI, M. H. G.; WOIACKI, L. M. G.; SCHEER, A. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012.

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.

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

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

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

CHEONG, K. W. et al. Optimization of equilibrium headspace analysis of volatile flavor compounds of Malaysian soursop (*Annona muricata*): Comprehensive two-dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometry (CG x GC-TOFMS). **Food Chemistry**, London, v. 125, p. 1481-1489, 2011.

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

COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. **Nutrição básica e metabolismo**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 400 p.

CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolics content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, Barking, v. 44, p. 2047-2053, 2011.

COSTA, N. M. B. **Nutrição básica e metabolismo**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 400 p.

CROFT, K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. **Annals of the New York Academy of Science**, Chichester, v. 854, p. 435-442, 1998.

DAMIANI, C. et al. Study of the shelf-life of mixed araçá (*Psidium guineensis* Sw.) and marolo (*Annona crassiflora* Mart.) jam. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 334-343, 2012.

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.

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

DUDONE, S. et al. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 1768-1774, 2009.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 2011. 426 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O cerrado**. 2012. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado>>. Acesso em: 9 ago. 2014.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, p. 1925-1941, 2000.

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

FERNANDES, A. G. et al. Comparação dos teores em vitamina C, carotenoides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 18, n. 4, p. 431-438, 2007.

FERREIRA, M. G. R. **Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.)**. Porto Velho: Embrapa, 2005. 2 p.

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.

GORDON, A. et al. Phenolic constituents and antioxidant capacity of four underutilized fruits from the Amazon region. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, p. 7688-7699, 2011.

GUIMARÃES, M. M.; SILVA, M. S. Nutritional value and chemical and physical characteristics of dried murici fruits (*Byrsonima verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 817-821, 2008.

GULARTE, M. A. **Manual de análise sensorial de alimentos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelota, 2009. 105 p.

HAMACEK, F. R. et al. Valor nutricional, caracterização física e físico-química de jenipapo (*Genipa americana* L.) do cerrado de Minas Gerais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 73-77, 2013.

HEATH, H. B.; REINECCIUS, G. **Flavor chemistry and tecnologia**. New York: Avi-van Nostrand Reinhold Company, 1986.

HERNANDEZ, M. A.; GONZÁLEZ, E. A. P. Plantas que contienen polifenoles. Antioxidantes dentro del estilo de vida. **Revista Cubana de Investigaciones Biomedicas**, Habana, v. 18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HOSSAIN, M. A. et al. Comparative study of total phenolics, flavonoids contents and evaluation of antioxidante and antimicrobial activities of diferente polarities fruits crude extracts of *Daruta metel* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Diaseases**, Haikou, v. 14, n. 5, p. 378-383, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário de formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas e procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro, 2012. 271 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: 9 ago. 2014.

ISHIMOTO, E. Y. et al. In vitro antioxidant activity of Brazilian wines and grapes juices. **Journal of Wine Research**, Abington, v. 17, n. 2, p. 107-115, 2006.

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.

JORGE, N. **Embalagem para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. 194 p.

KATAOKA, H.; LORD, H. L.; PAWLISZYN, J. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 880, p. 35-62, 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.

KLIEMANN, E. et al. Optimization of pectin acid extraction from passion fruit peel (*Passiflora edulis* flavicarpa) using response surface methodology. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 44, p. 476-483, 2009.

KOCA, N.; SELEN BURDURLU, H.; KARADERNIZ, F. Kinetics of nonenzymatic browning reaction in citrus juice concentrates during storage. **Turk Journal Agriculture**, Sivas, v. 27, p. 353-360, 2003.

LEAL, A. A. X.; HENRIQUES, C. A.; LUNA, A. S. Revalidação do método analítico de determinação de pH associado à troca de equipamentos. **Revista Analytica**, São Paulo, v. 1, n. 33, p. 52-55, 2008.

LIMA, C. H. A. M. et al. **Seleção e treinamento de uma equipe de provadores para avaliação sensorial de diferentes cultivares de arroz**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).

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.

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

LORD, H.; PAWLISZYN, J. Evolution of solid-phase microextraction technology. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 885, p. 153-193, 2000.

LOYOLA, N.; PAVÉZ, P.; LILLO, S. Pectin extraction from cv. Pink Lady (*Malus pumila*) apples. **Ciência e Investigación Agrária**, Santiago de Chile, v. 38, n. 3, p. 425-434, 2011.

MACHADO, S. S. **Tecnologia da Fabricação do açúcar**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p.

MAIA, G. A. et al. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 1, n. 27, p. 190-194, 2007.

MALDINI, M.; MONTORO, P.; PIZZA, C. Phenolic compounds from *Byrsonima crassifolia* L. bark: Phytochemical investigation and qualitative analysis by LC-ESI MS/MS. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 56, p 1-6, 2011.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, Barking, v. 53, p. 417-425, 2013.

MALTA, L. G. et al. In vivo analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazil Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemical. **Food Research International**, Barking, v. 49, p. 604-611, 2012.

MARTINOTTO, C. et al. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras: UFLA, 2008. 21 p. (Boletim Técnico, nº 78).

MATTIETO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos de cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extratos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 156-164, 2010.

MEDANHA, D. M. et al. Modulatory effect of *Byrsonima verbascifolia* against damage induced by doxorubicin in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. **Genetic and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 1, p. 69-77, 2010.

MELO, M. S.; OLIVEIRA, D. E.; FRANCESCHINELLI, E. V. Density and fertility of *Byrsonima pachyphylla* A. Juss. (*Malpighiaceae*) in small fragments of the Brazilian Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 259-265, 2014.

MIRANDA, T. G. et al. Avaliação do morango em calda submetido a diferentes concentrações de açúcar e condições de armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 23, n. 2, p. 307-315, 2012.

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

MORAIS, M. L. et al. Determinação do potencial antioxidante *in vitro* de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 35, n. 2, p. 355-360, 2013.

MORALES, M. L. et al. Effect of storage time at low temperature on the volatile compound composition of Sevillana and Maravilla raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 96, p. 128-134, 2014.

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, K. A. M. et al. Desenvolvimento de formulação de iogurte de araticum e estudo da aceitação sensorial. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 19, n. 3, p. 277-281, 2008.

PAVLOVSKA, G.; TANEVSKA, S. Influence of temperature and humidity on the degradation of ascorbic acid in vitamin C chewable tablets. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetric**, Cham, v. 111, p. 1971-1977, 2013.

PAWLOWKA, A. M.; DE LEO, M.; BRACA, A. Phenolics of *Arbutus unedo* L. (*Ericaceae*) Fruits: Identification of anthocyanins and gallic acid derivatives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, p. 10234-10238, 2006.

PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of the solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, Barking, v. 39, p. 791-800, 2006.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, p. 57-109, 2003.

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

RAUPP, D. S. et al. Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (*Beta vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 3, p. 688-693, 2011.

RESENDE, M. L. F.; GUIMARÃES, L. L. **Inventários da Biodiversidade do bioma do cerrado**: biogeografia de plantas. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 14 p.

REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 425-428, 2003.

RIBEIRO, A. B. et al. Antioxidant capacity, total phenolics content, fatty acids and correlation by principal component analysis of exotic and native fruits from Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 24, n. 5, p. 797-804, 2013.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 89-166.

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

RINALDI, M. et al. The effect of fruit processing and Enzymatic treatments on pomegranate juice composition, antioxidant activity and polyphenols content. **Food Science and Technology**, London, v. 53, p. 355-359, 2013.

ROESLER, R. **Estudo de frutas do cerrado brasileiro para avaliação de propriedade funcional em foco na atividade antioxidante**. 2007. 218 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

RODRIGUES-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. 246 p.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 263 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2008.

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

SANNOMIYA, M. et al. Mutagenic evaluation and chemical investigation of *Byrsonima intermedia* A. Juss. leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 112, n. 2, p. 319-326, 2007.

SANO, E. E. et al. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma do cerrado: estratégia e resultados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 30 p.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A. Main methods used in lipid oxidation determination. **Food Science and Technology International**, London, v. 4, n. 6, p. 437-441, 1998.

SAURA-CALIXTO, F.; GONI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, London, v. 94, n. 3, p. 442-447, 2006.

SIGUEMOTO, E. S. **Composição nutricional e propriedades funcionais do murici (*Byrsonima crassifolia*) e da moringa (*Moringa oleifera*)**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILA, D. N. et al. Pectin in processed fruits and vegetables: part II – Structure, function relationships. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 86-104, 2009.

SILVA, M. R. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

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 utilizando na elaboração de bolo, pudim e geleia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 26, p. 678-682, 2006.

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.

SOUTO-MAIOR, J. F. A. et al. Avaliação da pectina fosfatada aplicada na formação de filmes isolados. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 44, p. 203-213, 2008.

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

SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 134, p. 381-386, 2012.

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

TAOFIQ, O. et al. The contribution of phenolic acids to the anti-inflammatory activity of mushrooms: screening in phenolic extracts, individual parent molecules and synthesized glucuronated and methylated derivatives. **Food Research International**, Barking, v. 76, n. 3, p. 821-827-2015.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista Instituto Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 4, p. 71-78, 2003.

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

TORREZAN, R. **Manual para a produção de geleias de frutas em escala industrial**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CTAA, 1998. 27 p.

TRESSEL, R.; ALBRECHT, W. Biogenesis of aroma compounds through acyl pathway. In: PARLIAMENT, T. H.; CROTEAU, R. (Ed.). **Biogenesis of aromas**. Washington: American Chemical Society, 1986. p. 167-175.

TRESSEL, R.; HOLZER, M.; APERTZ, M. Biosynthesis of Volatiles. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AROMA RESEARCH, 1., 1975, Zeist. **Proceedings...** Zeist: Central Institute for Nutrition and Food Research, 1975. p. 41-62.

VAN BUGGENHOUT, S. et al. Pectin in processed fruits and vegetables: Part III – Texture Engineering. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 105-117, 2009.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolics compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, London, v. 111, p. 816-823, 2008.

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

VILAS BOAS, E. V. B. **Alimentos e nutrientes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 70 p.

VILAS BOAS, E. V. B. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 47 p.

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into and old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 17, p. 97-104, 2006.

ZARDO, D. M. et al. Effect of the processing in the phenolics compounds content and antioxidant activity in apple wine. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 829-838, 2008.

ZHANG, Z.; PAWLISZYN, J. Headspace solid-phase microextraction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 65, n. 14, p. 1843-1852, 1993

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

**IMPACTO DO PROCESSAMENTO E EMBALAGEM SOBRE A
QUALIDADE DA GELEIA DE MURICI (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)
AO LONGO DO ARMAZENAMENTO**

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

Mariana Crivelari da Cunha, Patrícia da Silva Machado, Ana Beatriz Silva Araújo, Elisângela Elena Nunes Carvalho, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras,
37200-00, Lavras – MG, Brasil.

RESUMO

A fruticultura do cerrado e a potencialidade de suas espécies podem ser utilizadas, a partir da elaboração de geleias, como alternativa ao desenvolvimento de novos produtos e com intuito de divulgação e preservação do bioma brasileiro. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do processamento, tipo de embalagem (com e sem exposição à luz) e tempo de armazenamento sobre a qualidade, a partir de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de geleia elaborada a partir da polpa reconstituída de murici, ao longo de doze meses de armazenamento. O processamento da polpa afetou efetivamente as características físico-químicas (coloração, sólidos solúveis, acidez titulável, centesimal e valor energético, exceto pH) e microbiológicas. Verificou-se que apenas o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) a qualidade da geleia, considerando-se as variáveis analisadas, exceto os teores de sólidos solúveis, cinzas, fibra alimentar e o atributo sensorial textura. Portanto, o fator embalagem (com e/ou sem exposição à luz) não confere alterações significativas nas variáveis analisadas e o processamento da polpa garantiu um prolongamento de vida útil e aceitação sensorial, por doze meses, como também, as variáveis físico-químicas e microbiológicas analisadas ao longo do tempo de armazenamento estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Frutos do cerrado. Estocagem. Vida útil. Aceitação sensorial. Caracterização físico-química.

ABSTRACT

Fruit growing in the Cerrado and the potential of its species can be used, starting with jelly preparations, as an alternative in the development of new products and with the aim of disseminating and preserving the biome. The objective herein was to evaluate the effect of processing, packaging type (with and without exposure to light) and storage time on the quality of jelly, prepared from reconstituted murici pulp, over twelve months of storage, via physicochemical, microbiological and sensory analysis. The pulp processing effectively affected the physicochemical (color, soluble solids, titratable acidity, centesimal composition and energy value, except pH) and microbiological characteristics. It was found that only the storage time significantly influenced ($p < 0.05$) jelly quality, considering the variables analyzed, except the soluble solids, ash, dietary fiber and sensory texture attributes. However, the package factor (with and/or without exposure to light) does not result in significant changes in those variables and pulp processing ensured an extension of the shelf-life and sensory acceptance for twelve months, as well as the physicochemical and microbiological variables throughout the storage period analyzed being within the parameters established by law.

Keywords: Fruits of the Cerrado. Storage. Shelf-life. Sensory acceptance. The physicochemical characterization.

INTRODUÇÃO

O bioma cerrado ocupa aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados no Brasil (cerca de 23,90% do território nacional) e abrange vários estados brasileiros, incluindo áreas nas regiões Centro Oeste, Sudeste, Nordeste e Amazônica (CARDOSO et al., 2011; REZENDE; FRAGA, 2003; VIEIRA et al., 2006). Nesse bioma, encontram-se diversas espécies frutíferas, e que atualmente, vêm despertando um grande interesse devido às suas propriedades funcionais e ao seu valor nutricional, além de atrativos sensoriais como cor, sabor e aroma peculiares e intensos (OLIVEIRA et al., 2008). A exploração das frutas do cerrado pode se destacar como importante alternativa de geração de renda em diversas regiões do país, desde que a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias viabilizem o seu aproveitamento, para tornarem-se disponíveis comercialmente (CARDOSO et al., 2011; MARTINOTTO et al., 2008). Dentre as várias espécies frutíferas nativas desse bioma destaca-se *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich, cujos frutos são conhecidos como murici.

A espécie pertence à família *Malpighiaceae* e é amplamente distribuída por toda a América do Sul, havendo registros de sua ocorrência na América Central e Caribe, sendo que, metade da ocorrência dessa espécie está concentrada no Brasil, mais especificamente nas regiões que abrangem o cerrado brasileiro (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005; SANNOMIYA et al., 2007; VIEIRA et al., 2006). A fruta é considerada uma drupa pequena, arredondada ou alongada, apresentando cerca de 1-2 cm de diâmetro. Quando madura, apresenta-se com uma coloração amarela. A polpa é macia, pastosa, de sabor adocicado, apresentando um aroma frutal característico e semelhante a queijo rançoso. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou sob a forma de sucos, licores, sorvetes, iogurtes, doces e geleias (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005).

Informações a respeito das características físico-químicas e do valor nutricional dos frutos do cerrado são fundamentais para a avaliação do consumo e a formulação de novos produtos, além disso, observou-se que há uma atenção especial voltada para o melhor aproveitamento das frutíferas nativas, com o intuito de preservá-las e utilizá-las de forma racional e sustentável (QUEIROZ, 2011; SILVA et al., 2008). Entretanto, o período de produção dos frutos do cerrado se limita, em geral, a um ou dois meses do ano. Sendo assim, o processamento do murici na forma de geleia, pode promover seu consumo ao longo de todo o ano, bem como representar uma alternativa na comercialização (DAMIANI et al., 2012).

A elaboração de geleia contribui para a preservação dos frutos, pois retarda alterações químicas e microbiológicas que afetam naturalmente a qualidade da matéria-prima utilizada, como também é recomendada como forma de agregação de valores, aumentando a disponibilidade de alimentos de boa qualidade (SILVA; LOPES; VALENTE-MESQUITA, 2006). Não obstante, o efeito do processamento do fruto *in natura* sobre a qualidade da geleia pode afetar seu valor nutricional, devido à desintegração da polpa e exposição a fatores externos (calor, luz e oxigênio). Portanto, informações sobre a estabilidade dos componentes naturalmente presentes no alimento processado são importantes para se avaliar sua qualidade nutricional e sensorial.

A demanda por produtos processados com características sensoriais similares aos alimentos *in natura* é crescente. Assim, sua obtenção depende de formas adequadas de acondicionamento. Para impedir perdas de características físico-químicas, sensoriais e nutricionais, embalagens que bloqueiem a incidência de luz são utilizadas (MIRANDA et al., 2012). Segundo Azeredo, Brito e Garruti (2012), o uso de embalagem de barreira à luz é uma forma eficaz de minimizar reações de fotodegradação e, com isso, evitar a degradação de constituintes presentes no alimento. Essas reações podem ocasionar a redução da

vida útil e a perda do valor nutricional do produto (KOCA; SELEM BURDURLU; KARADERNIZ, 2003). Assim, pressupõe-se que, o acondicionamento da geleia em embalagens apropriadas, poderá manter as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais do produto, durante todo o tempo de armazenamento.

Considerando o exposto, o propósito do presente estudo foi elaborar uma geleia a partir da polpa reconstituída de murici e verificar, a partir de estudos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, o impacto do processamento da polpa reconstituída da fruta e o efeito da embalagem com incidência ou não à luz, sobre a qualidade da geleia de murici, ao longo de doze meses de armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção da matéria-prima

Polpa de murici, utilizada na fabricação de geleia foi adquirida da empresa Frutos do Cerrado localizada em Uberlândia, Minas Gerais, acondicionada em sacos plásticos e armazenada à -18°C, até o processamento.

Elaboração da geleia

Para o processamento da geleia, a polpa de murici foi descongelada e filtrada em peneiras de malha fina, separando-se o suco do resíduo sólido. Em seguida, a polpa foi reconstituída na seguinte proporção: para cada litro do suco obtido foram acrescentados 500g do resíduo da polpa. Uma amostra da polpa reconstituída foi reservada para as análises de caracterização. Posteriormente, as formulações da geleia convencional foram elaboradas, considerando a proporção para geleias tipo extra, na proporção 1:1 de polpa reconstituída e açúcar

comercial, utilizando a concentração de pectina a 1% (BRASIL, 2005). Para a elaboração da geleia foram utilizados 1,5kg de polpa reconstituída, 15g de pectina comercial e 1,5kg de açúcar cristal (União[®]), feitos em oito bateladas nas mesmas proporções, em um mesmo dia.

À polpa reconstituída do murici foi adicionado um terço do açúcar, mantendo-se a mistura sob agitação constante, até a fervura (aproximadamente 100°C); em seguida, foi acrescentada a pectina com o restante do açúcar, deixando-se sob fervura até a concentração final de 67,5% de sólidos solúveis. Devido à alta concentração de açúcar, na formulação da geleia, não foi necessária a adição de conservantes. Não foi adicionado ácido cítrico, devido à acidez da polpa. A cocção foi realizada em um recipiente de aço inoxidável com agitação manual, em fogão semi-industrial. O tempo total de cocção foi de aproximadamente 45 minutos. Após o processamento, a geleia foi envasada à quente e distribuída igualmente, em embalagens de vidros transparentes e âmbar, previamente esterilizadas a 100°C por 15 minutos, com capacidade de 40 mL cada. O fechamento foi realizado com tampas de metal, internamente envernizadas e providas de anéis vedantes e feita a inversão das embalagens durante 5 minutos, o que permitiu o fechamento hermético. Em seguida, foi realizado um posterior tratamento térmico de apertização, a fim de garantir a segurança do produto, onde as embalagens foram imersas em água fervente (aproximadamente 100°C) por 10 minutos e resfriadas lentamente.

Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 2 x 5, sendo 2 níveis de exposição à luz (embalagem transparente – exposição à luz e embalagem âmbar – não exposição à luz) e cinco tempos de

armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com quatro repetições e a parcela experimental constituída por 80g de geleia (dois frascos de 40g).

Análises

As análises físico-químicas das amostras da polpa reconstituída de murici foram realizadas em quatro repetições e o delineamento das análises físico-químicas da geleia foi realizado de acordo com o delineamento experimental. As análises de umidade (65°C por 5 dias e 105°C por 1 hora), extrato etéreo, proteínas (N x 6,25), resíduo mineral fixo (incineração a 550°C), fibra alimentar e teor glicídico, foram determinadas de acordo com a AOAC (2005). O valor energético total foi estimado conforme os valores de conversão de Atwater, descrito por Wilson, Santos e Vieira (1982). Os resultados foram expressos em porcentagem de matéria seca ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e em quilocalorias ($\text{kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$), respectivamente. As análises de sólidos solúveis, acidez titulável e pH foram determinadas segundo o Instituto Adolfo Lutz (2005).

As pectinas total e solúvel foram extraídas de acordo com a técnica descrita por McCready e McComb (1952) e seus teores determinados espectrofotometricamente a 520nm, segundo Bitter e Muir (1973). Análise realizada somente para a caracterização da polpa reconstituída de murici.

A coloração foi determinada utilizando o colorímetro Konica Minolta CR-400 calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de L^* , a^* e b^* (iluminante D65). A coordenada L^* representa a claridade, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). A coordenada a^* pode assumir valores entre -80 a +100, no qual os extremos correspondem, respectivamente, ao verde e vermelho. A coordenada b^* pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo. As leituras dos parâmetros L^* , a^* e b^* permitiram calcular o ângulo hue ($^\circ\text{h}$) que corresponde à tonalidade ou matiz e

identifica a cor num ângulo de 360° e o Cromo (C*) ou saturação ou intensidade da cor, conforme McGuire (1992).

As análises microbiológicas realizadas foram coliformes a 35°C e a 45°C, fungos filamentosos, leveduras e *Salmonella* sp. Para a determinação de coliformes, foi utilizada a técnica do número mais provável (NMP); para as análises de fungos filamentosos, leveduras e *Salmonella* sp foi realizada pela contagem padrão em placa de Petri. Todas as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por International Commission on Microbiological Specifications for Foods - ICMSF (1982).

A análise sensorial foi realizada, em cada tempo de análise, com a participação de cem provadores, de ambos os sexos, com idades variando de 15 a 60 anos. As amostras de geleia foram servidas em ordem balanceada e de forma monódica em torradas da marca Fhorm[®], utilizadas como veículo, codificadas em três dígitos de números aleatórios. Os provadores avaliaram a aceitação do produto por meio de escala hedônica de nove pontos (sendo “1” desgostei extremamente e “9” gostei extremamente), conforme Moskowitz (1983). Foi realizado o teste de intenção de compra utilizando a escala hedônica de cinco pontos (sendo “1” certamente não compraria e “5” certamente compraria), conforme Meilgaard, Civille e Carr (1988).

A análise estatística foi realizada utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Após análise de variância, os modelos de regressão polinomial e os coeficientes de determinação foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da avaliação físico-química da matéria-prima (polpa reconstituída de murici) e da geleia estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1

A polpa reconstituída de murici foi analisada quanto ao teor de pectina total, que foi correspondente a $816,97 \pm 25,86 \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (Tabela 1), resultado semelhante ao encontrado por Morzelle et al. (2015). Considerando-se que a pectina é elemento chave na elaboração de geleias, sugere-se o grande potencial do murici com esse propósito. Já o rendimento da geleia de murici correspondeu a 56%, produzindo-se 1,68kg do produto.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, verificou-se que o processamento da polpa reconstituída, de forma geral, afetou as variáveis analisadas, com a redução dos componentes centesimais (umidade, lipídeos, proteínas, cinzas e fibra), exceto os teores de sólidos solúveis, glicídios e valor energético, devido à adição de açúcar durante o processamento e das variáveis acidez titulável, pH, L^* , C^* e $^{\circ}\text{hue}$. Segundo Correia, Faraoni e Pinheiro-Sant'Ana (2008), durante o processamento, o alimento é exposto a diversos fatores que podem interferir na sua estrutura e composição nutricional, podendo ocasionar a degradação de nutrientes, bem como a estabilidade destes, devido principalmente a fatores como temperatura, luz, oxigênio, umidade e pH do meio.

Comparando-se a geleia recém-preparada e após doze meses de armazenamento (médias vidro transparente e âmbar), a seguinte variação na composição centesimal (matéria seca) e valor calórico foram observados: umidade ($23,37\text{-}26,37\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), lipídeos ($0,35\text{-}0,17\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), proteínas ($1,96\text{-}0,98\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), cinzas ($0,25\text{-}0,16\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), teor glicídico ($93,79\text{-}98,40\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e valor calórico ($398,08\text{-}399,14\text{kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (Figura 1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1999), as geleias de polpa de frutas (valores expressos em matéria integral), em geral, possuem $0,10\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de lipídeos, $0,10 \cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteínas, $0,2\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de cinzas, $61,60\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de teor

glicídico, fornecendo uma média de $238\text{kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Com a conversão dos resultados em matéria integral, para teor glicídico e valor energético, o que corresponde respectivamente a $74,15\text{-}72,45\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e $305,05\text{-}293,95\text{kcal}\cdot 100\text{g}^{-1}$, observou-se que, os resultados referentes ao valor nutricional da geleia de murici encontram-se dentro dos parâmetros preconizados pela legislação vigente.

Quanto aos resultados relativos à geleia armazenada, o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) todos os componentes centesimais analisados, exceto cinzas e fibra alimentar (Figura 1), que não foram influenciados pelo tipo de embalagem.

Figura 1

O teor de umidade na polpa reconstituída de murici ($92,58\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1} \pm 0,22$) (Tabela 1) foi reduzido durante a elaboração da geleia para $23,37\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1} \pm 1,18$, devido ao processo de concentração, durante a cocção da matéria-prima. Verificou-se que, a umidade da geleia apresentou um aumento significativo no decorrer do armazenamento (Figura 1). Apesar dessa variação, os valores observados de umidade estão de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade de geleias a base de frutas, que estabelece valor máximo de umidade para geleias tipo 'extra' correspondente a 35% (p/p) (BRASIL, 2005). Segundo Mota (2006), os valores encontrados para umidade variaram durante o armazenamento de geleia de amora-preta de diferentes cultivares e foram superiores aos encontrados neste trabalho, correspondendo de $42,84\text{-}49,82\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. O aumento no teor de umidade, ao longo do tempo de armazenamento, não pode ser atribuído a falhas durante o fechamento das embalagens de vidro, pois, geralmente, o emprego desse tipo de material permite a impermeabilidade a gases e vapores de água, assegurando a integridade e hermeticidade do produto durante a etapa de fechamento (AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2012). Logo,

pode ser atribuída à hidrólise da molécula de sacarose e conseqüentemente à liberação de uma molécula de água (QUAST, 1986).

O teor de extrato etéreo na matéria-prima ($14,14\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,239$) foi reduzido durante o processamento da geleia ($0,35\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,09$) (Tabela 1). Esse fato pode ser explicado pela hidrólise, enzimática ou não, dos triglicerídeos, originando di e monoglicerídeos, além de ácidos graxos livres, que por meio da oxidação lipídica, que pode ocorrer na presença de oxigênio, calor e luz, transformam-se em ácidos, cetonas e aldeídos (ARAÚJO, 2011; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Observou-se que a polpa utilizada apresenta teores expressivos de lipídeos, resultado superior ao encontrado por Morzelle et al. (2015). Verificou-se um declínio significativo ($p<0,05$) no extrato etéreo, no decorrer do armazenamento (Figura 1).

O teor de proteínas reduziu com a elaboração da geleia, de $6,53\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,35$ (polpa reconstituída) para $1,96\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,13$ (geleia) (Tabela 1). Segundo Barcelos e Ferrua (2003), durante o processamento de alimentos é comum que ocorra a diminuição dos teores de proteínas e minerais, devido à aplicação de calor e ao favorecimento de produtos oriundos da reação de Maillard. De acordo com Shibão e Bastos (2011), esses compostos podem interferir em processos nutricionais, como por exemplo, diminuindo a disponibilidade de proteínas e de minerais, pelo comprometimento, na reação, da utilização de aminoácidos na presença de açúcares redutores, com a formação de compostos responsáveis pelo aroma, cor e sabor, no produto elaborado. Quanto ao teor de proteínas na geleia de murici, observou-se um decaimento das médias observadas ao longo do tempo de armazenamento (Figura 1). De acordo com Oliveira et al. (2014), os baixos valores encontrados estão relacionados diretamente com a porcentagem de proteína da fruta utilizada, já que geralmente, frutas e hortaliças são pobres neste nutriente.

Os teores de cinzas reduziram com a elaboração da geleia, de $2,54\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,05$ (polpa reconstituída) para $0,25\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,04$ (geleia) (Tabela 1). Quanto ao tempo de armazenamento, não foram verificadas variações significativas ($p<0,05$) no teor de cinzas (Figura 1), cuja média foi de $0,21\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,06$. Essa observação é similar à de Damiani et al. (2012), ao trabalharem com geleia mista de araçá e marolo, cuja média correspondeu a $0,18\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Em se tratando de fibras, os teores encontrados foram de $7,341\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 1,56$ na polpa reconstituída de murici (Tabela 1). Esse resultado é semelhante ao encontrado por Silva et al. (2008), que relataram média de $9,72\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fibra bruta para o murici. Verificou-se também uma redução no teor de fibra da matéria-prima com o processamento, sendo a média observada para geleia de $4,66\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,18$ (Tabela 1). Não foram observadas alterações significativas ($p<0,05$) ao longo do tempo de armazenamento.

Quanto ao teor de glicídios observou-se um incremento de $68,90\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,53$ (polpa reconstituída) para $93,79\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,18$ (geleia). Este aumento é ocasionado pela adição de açúcar durante o processamento. Quanto ao tempo de armazenamento, verificou-se um acréscimo significativo ($p<0,05$), cuja média corresponde a $97,70\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,81$.

Observou-se que o processamento incrementou o teor de sólidos solúveis de $3,67\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 0,58$ (polpa reconstituída) para $68,50\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}\pm 1,41$ (geleia), devido à adição de açúcar. Entretanto, os sólidos solúveis não variaram ao longo do armazenamento ($p<0,05$). Resultados semelhantes aos encontrados por Damiani et al. (2009), que não encontraram diferenças nessa variável quando avaliaram geleias de manga formuladas com diferentes níveis de casca em substituição à polpa. De acordo com a Resolução CNNPA nº 12/1978 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 1978), o

teor mínimo de sólidos solúveis em geleias deve ser de 62% (p/p), sendo assim, o produto elaborado encontra-se dentro dos parâmetros pré-estabelecidos.

O tempo de armazenamento foi o único fator que influenciou as variáveis físico-químicas pH, L* e °hue ($p < 0,05$), e acidez titulável e C* ($p < 0,01$) (Figura 2).

Figura 2

O pH da geleia manteve-se na faixa de $3,92 \pm 0,00$, com valores próximos aos observados na polpa do fruto antes do processamento (Tabela 1). Resultados similares foram verificados por Mota (2006) que avaliou as características físico-químicas da amora-preta utilizada como matéria-prima para a elaboração de geleia. Observou-se uma redução seguida de um aumento no valor de pH, ao longo do tempo de armazenamento (Figura 2). O pH apresentou uma tendência ligeiramente ascendente a partir do sexto mês de armazenamento, variando de 3,80 a 3,92. Isso se deve à degradação dos ácidos orgânicos, que ocasiona uma redução na acidez do produto, comportamento observado com decréscimo a partir do sexto mês de armazenamento, variando entre 0,47 a $0,29 \text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de ácido cítrico. A redução da acidez titulável, a partir do sexto mês correspondeu a 62,30% em relação ao tempo inicial. De acordo com Lopes (2007), a acidez total média de geleias a base de frutas deve estar entre 0,5 a $0,8 \text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ do ácido predominante, acima de $1 \text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ ocorre a sinérese e abaixo de $0,3 \text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ não ocorre a formação do gel. Portanto, a partir do exposto, pode-se considerar que a geleia não apresentava acidez excessiva, que pudesse causar perda de água e hidrólise da pectina, resultando em sinérese. No entanto, foi observada a formação de pequena quantidade de líquido na superfície, após a abertura das embalagens, segundo Freitas, Cândido e Silva (2008), isso pode ser ocasionado

pelo aumento do pH durante o armazenamento e que possa ter prejudicado a firmeza da malha p ctica.

Observou-se redu o linear do valor L^* e $^{\circ}hue$ e aumento seguido de queda no valor C^* , ao longo do tempo de armazenamento da geleia de murici e um posterior aumento (Figura 2). Impacto do processamento no valor L^* verificou-se altera es de $62,26 \pm 0,12$ (polpa reconstitu da) para $47,09 \pm 0,82$ (geleia). Os resultados sugerem que ocorreram processos oxidativos n o enzim ticos, que resultaram na forma o de compostos que confere a colora o escura, tais como o hidroximetilfurfural, composto originado pela oxida o da vitamina C (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006). Referente ao tempo de armazenamento, o decl nio no valor L^* ($47,09-35,98$) tamb m sugere que ocorreu rea es de escurecimento na geleia. De acordo com Ramos et al. (2008), o decr scimo da coordenada L^* est  relacionada com o aparecimento de compostos resultantes da carameliza o do a u car durante o processamento e rea es complexas que ocorrem lentamente   temperatura ambiente, durante um tempo de armazenamento prolongado, a exemplo: produtos oriundos da rea o do escurecimento n o enzim tico, como a rea o de Maillard. A altera o da colora o durante o armazenamento   confirmada pelos autores Cardoso (2008) e Dias et al. (2011) em rela o   claridade.

Comparando-se o efeito do processamento para as vari veis de colora o Croma (C^*) e $^{\circ}hue$, o percentual de reten o na geleia correspondeu a 77,97% e 82,13% (Tabela 1), respectivamente. O comportamento observado para a vari vel Croma (C^*) indica uma perda da intensidade da colora o aproximadamente o quarto m s de armazenamento. O comportamento de decl nio observado para a vari vel $^{\circ}hue$ ($83,14-62,03$) (Figura 2) indica uma tend ncia   colora o avermelhada na geleia, resultado observado ao longo do tempo de armazenamento. V rios fatores podem ter contribuído para a modifica o da colora o no produto, constitu do principalmente por

carotenoides, com predominância em luteína e zeaxantina (MARIUTTI; RODRIGUES; MERCADANTE, 2013). Uma série de fatores que podem alterar significativamente a composição deste e sua estabilidade ao longo do tempo, tais como: temperatura, disponibilidade de oxigênio e a presença de antioxidantes (AZEREDO; BRITO; GARRUTI, 2012).

De acordo com a Tabela 2, os resultados das análises microbiológicas tanto da polpa reconstituída de murici, quanto da geleia de murici, estão dentro dos limites permitidos pela RDC nº 12/2001 (ANVISA, 2001), que estabelece valores máximos de 10^4 UFC.g⁻¹ para fungos e leveduras, preconiza valores máximos de 10^2 g⁻¹ para bactérias do grupo coliforme e ausência para *Salmonella* sp em 25g. Portanto, os resultados sugerem que não houve falhas de âmbito higiênico que pudessem comprometer a segurança microbiológica durante as etapas de elaboração da geleia, como também nas condições de acondicionamento e armazenamento do produto.

Tabela 2

Segundo Moraes et al. (2010), a preservação de certos alimentos, tais como as geleias, pode ser dada em razão da sua baixa pressão osmótica; assim, a conservação do alimento ocorre porque há limitação ou inativação completa do crescimento microbiano. Portanto, o efeito da baixa pressão osmótica pode promover a preservação do produto, por um longo período de tempo, devido à elevada concentração de solutos incorporados durante a elaboração da geleia. Assim, as baixas contagens de microrganismos observadas podem ser associadas à alta concentração de soluto na geleia.

Todas as variáveis analisadas sensorialmente foram influenciadas exclusivamente ($p < 0,05$) pelo fator tempo de armazenamento, à exceção da textura que não foi afetada pelo tempo, tampouco pelo fator embalagem. As

médias das notas atribuídas, a despeito da variável sensorial, ao longo do tempo de armazenamento, variaram de 6,33 a 7,24, indicando uma faixa de aceitação, em termos hedônicos, entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, respectivamente. Dos 500 consumidores entrevistados, houve predominância do sexo feminino (60%), com idades entre 21-30 anos (50,80%) e com nível de escolaridade correspondente a graduação incompleta (74,80%).

De acordo com a Figura 3, observou-se que no tempo inicial (geleia recém-preparada) as notas atribuídas foram abaixo de sete, e que a partir dos três meses de armazenamento em diante, as notas estiveram entre 7,28 e 7,39. De todos os atributos sensoriais levantados, foi o que obteve maior média das notas atribuídas ($7,24 \pm 1,35$), classificado em termos hedônicos como “gostei moderadamente”.

Observou-se, comportamento polinomial quadrático (Figura 3), com um aumento seguido de queda até o final do tempo de armazenamento, para as variáveis: aroma, sabor, impressão global e intenção de compra.

O atributo aroma apresentou um declínio no teste de aceitação, a partir do quinto mês de armazenamento, comparando-se com o tempo inicial e permaneceu em redução até o final do período estabelecido de análise. Dentre os atributos levantados foi o que obteve a menor média ($6,33 \pm 1,97$), durante todo o tempo de armazenamento, o que indica uma faixa de aceitação, atribuída em termos hedônicos como “gostei ligeiramente”.

Figura 3

Para os atributos sabor e impressão global, nota-se que, a partir do sexto mês de armazenamento, ocorreu uma redução em ambas as variáveis sensoriais, e esse declínio permaneceu até o fim do período de análises. No entanto, no décimo segundo mês, observou-se que as médias atribuídas aos atributos

analisados, não foram inferiores, se comparadas com as médias obtidas no tempo inicial. Em ambos os casos, os atributos são classificados em termos hedônicos em “gostei ligeiramente”, correspondendo às médias relativas às notas durante o tempo de armazenamento a $6,51 \pm 1,97$ e $6,53 \pm 1,85$, respectivamente.

Assim, pode-se inferir que o produto apresenta características sensorialmente aceitas para a comercialização. De acordo com Dutcosky (2011), o produto terá boa aceitação pelos consumidores se as médias das notas atribuídas aos índices de aceitabilidade forem iguais ou superiores a 70%. De acordo com os resultados, as notas de todos os atributos da geleia de murici foram superiores a 6,3, o que corresponde à uma aceitação satisfatória. No entanto, o desconhecimento por parte da maioria dos provadores sobre as características sensoriais dos frutos do cerrado, pode ter sido um dos fatores de interferência negativa quanto à intenção de compra do produto ($3,32 \pm 1,16$), que em termos hedônicos, representa “não sei se compraria”.

CONCLUSÃO

O processamento da polpa reconstituída afetou, de forma geral, todas as variáveis analisadas, com redução dos componentes centesimais, exceto o teor de glicídios e valor energético, como também, as variáveis acidez titulável, pH, L^* , C^* e $^{\circ}hue$.

O fator tempo de armazenamento foi o que mais influenciou na qualidade da geleia ($p < 0,05$), exceto nas variáveis sólidos solúveis, cinzas, fibra alimentar e atributo sensorial textura, enquanto que, o fator embalagem (exposto ou não à luz) não afetou significativamente as análises físico-químicas, nutricionais e sensoriais. Apesar das mudanças relatadas, as características avaliadas mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação

vigente; e a adoção de boas práticas durante a elaboração da geleia, garantiu que não houvesse alterações microbiológicas, por doze meses de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada n. 12, de 24 de junho de 1978. Normas Técnicas Relativas à Alimentação e Bebidas. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 1978. Seção 1, p. 1-75. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_doce_fruta.htm>. Acesso em 28 jul. 2015.

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: 25 ago. 2015.

ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 985, p. 297-301, 2003.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2005.

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.

BARCELOS, M. F. B.; FERRUA, F. Q. **Frutas e hortaliças processadas: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 71 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1973.

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.

CARDOSO, R. L. Estabilidade da cor de geleia de jambo (*Eugenia malaccensis*, L.) sem casca armazenada as 25°C e 35°C na presença e ausência de luz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p.1563-1567, 2008.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT´ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

DAMIANI, C. et al. Avaliação química de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

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**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 334-343, 2012.

DIAS, C. S. et al. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas da geleia de casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, Juiz de Fora, v. 70, n. 1, p. 28-34, 2011.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3. ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 2011. 426 p.

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

FERREIRA, M. G. R. **Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich)**. Porto Velho: Embrapa, 2005. 2 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Tabela de composição de alimentos**. 5 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999, 137p.

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

KOCA, N.; SELEN BURDURLU, H.; KARADERNIZ, F. Kinetics of nonenzymatic browning reaction in citrus juice concentrates during storage. **Turk Journal Agriculture**, Sivas, v. 27, p. 353-360, 2003.

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

MARIUTTI, L. R. B.; RODRIGUES, E.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids from *Byrsonima crassifolia*: Identification, quantification and in vitro scavenging capacity against peroxy radicals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 31, n. 1, p. 155-160, 2013.

MARTINOTTO, C. et al. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras: UFLA, 2008. 21 p. (Boletim Técnico, nº 78).

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 1988. 281 p.

MIRANDA, T. G. et al. Avaliação do morango em calda submetido a diferentes concentrações de açúcar e condições de armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 23, n. 2, p. 307-315, 2012.

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

MORZELLE, M. C. et al. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods: Marketing and R&D approaches**. Westport: Food and Nutrition, 1983. 459 p.

MOTA, R. V. Caracterização física e química de geleia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 539-543, 2006.

OLIVEIRA, E. N. A. et al. Influência das variáveis de processos nas características físicas e químicas de geleias de umbu-cajá. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 1698-1710, 2014.

OLIVEIRA, K. A. M. et al. Desenvolvimento de formulação de iogurte de araticum e estudo da aceitação sensorial. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 19, n. 3, p. 277-281, 2008.

QUAST, D. G. Características de qualidade e usos do açúcar cristal. **Alimentos e Tecnologia**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 50-53, 1986.

QUEIROZ, S. E. E. Estudos moleculares em *Annona crassiflora* Mart. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v. 11, n. 2, p. 23-29, 2011.

RAMOS, A. M. et al. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-químicas e microbiológicas de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 425-428, 2003.

SANNOMIYA, M. et al. Mutagenic evaluation and chemical investigation of *Byrsonima intermedia* A. Juss. Leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 112, n. 2, p. 319-326, 2007.

SHIBÃO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 24, n. 6, p. 895-904, 2011.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, M. R. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

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.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 17, n. 2, p. 219-227, 2006.

VIEIRA, R. F. et al. **Frutas nativas da região centro-oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.

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

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 Valores médios das características físico-químicas da polpa reconstituída de murici e a geleia de murici, no tempo inicial, com seus respectivos desvios-padrão

Características físico-químicas	Polpa reconstituída de murici ¹	Geleia de murici
Umidade (g.100g ⁻¹)	92,58±0,22	23,37±1,18
Lipídeos (g.100g ⁻¹)*	14,14±0,24	0,35±0,08
Proteínas (g.100g ⁻¹)*	6,53±0,35	1,96±0,13
Cinzas (g.100g ⁻¹)*	2,54±0,05	0,25±0,04
Fibra Alimentar (g.100g ⁻¹)*	7,34±1,56	4,66±0,18
Teor glicídico (g.100g ⁻¹)*	68,90±0,53	93,79±0,18
Valor energético (kcal.100g ⁻¹)*	428,98±1,50	398,08±1,80
Pectina (mg de ácido galacturônico.100g ⁻¹)	816,97±25,86	-
Sólidos solúveis (%)	3,67±0,58	68,50±1,41
Acidez titulável (g ácido cítrico. 100g ⁻¹)	0,29±0,01	0,32±0,02
pH	3,88±0,00	3,92±0,00
Valor L*	62,26±0,12	47,09±0,82
Croma (C*)	35,87±0,17	23,22±0,82
°hue	87,65±0,15	83,14±1,08

¹Dados apresentados como média ± desvio padrão de quatro repetições. (*) Valores expressos em matéria seca.

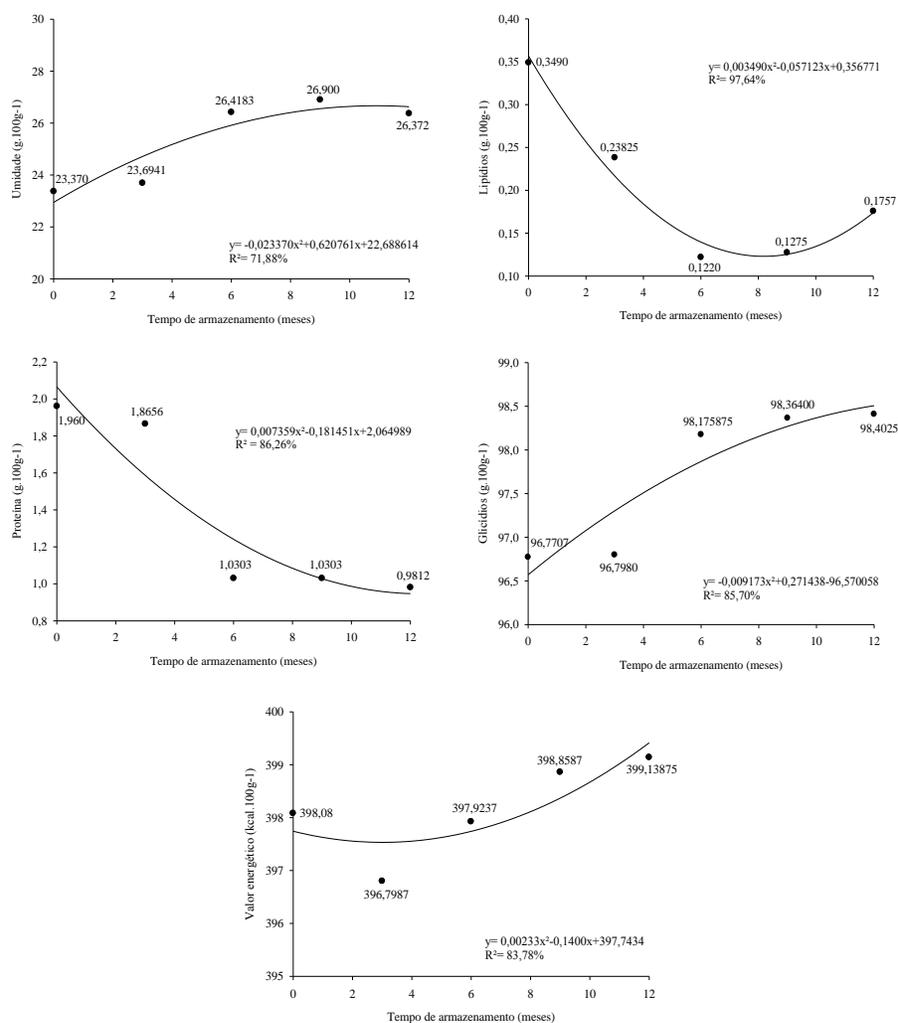


Figura 1 Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p < 0,05$) da composição centesimal (umidade, lipídeos, proteína e teor glicídico) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento. Valores expressos em matéria seca

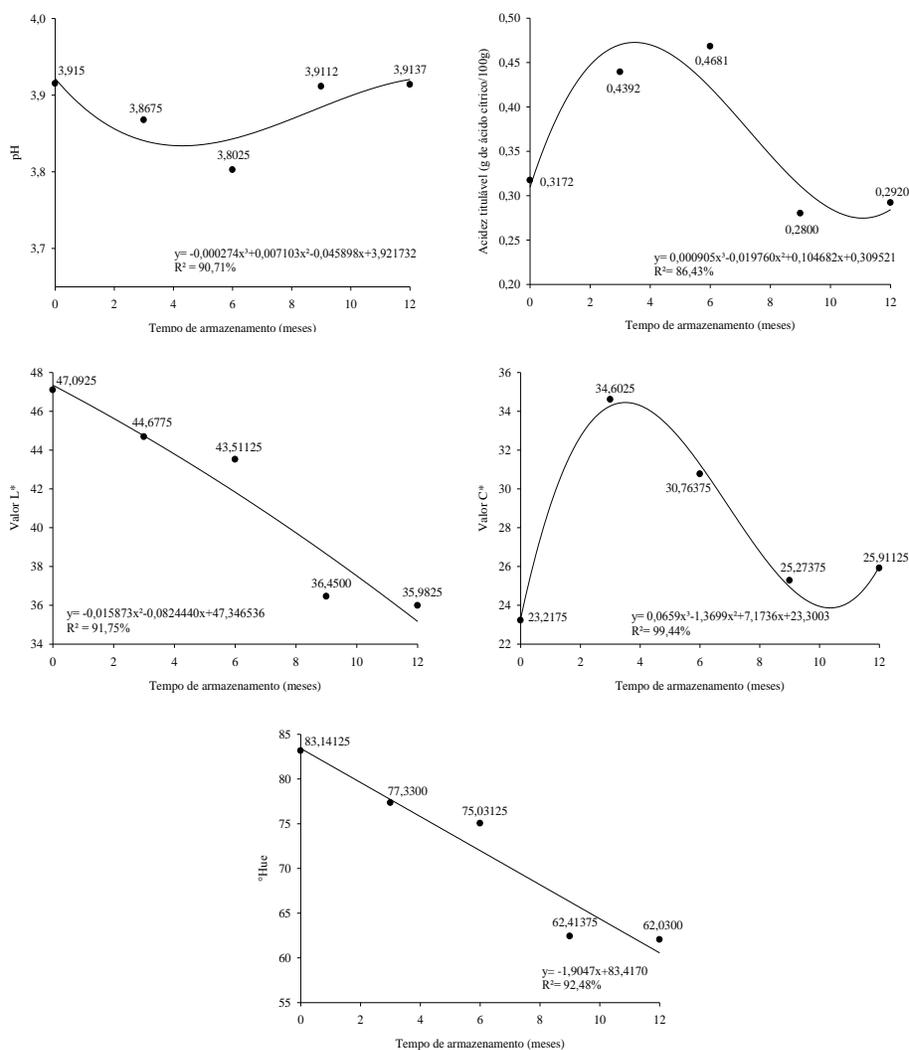


Figura 2 Caracterização física (parâmetros de coloração L*, C* e °hue) e química (pH e acidez titulável) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento

Tabela 2 Resultados das análises microbiológicas de ambos os tratamentos da geleia de murici armazenada à condição ambiente (20,9°C±2,93 e 69,3% UR±13,28) por doze meses de armazenamento

Tempo (meses)	Fungos e Leveduras (CFC.g⁻¹)¹	Coliformes a 35°C (NMP.g⁻¹)²	Coliformes a 45°C (NMP.g⁻¹)	<i>Salmonella</i> (g.25g⁻¹)
Polpa	4x10 ²	< 3,0	< 3,0	Ausente
0	Ausente	< 3,0	< 3,0	Ausente
3	Ausente	< 3,0	< 3,0	Ausente
6	Ausente	< 3,0	< 3,0	Ausente
9	Ausente	< 3,0	< 3,0	Ausente
12	Ausente	< 3,0	< 3,0	Ausente

¹CFC.g⁻¹:Unidade formadora de colônia por grama. ²NMP.g⁻¹: Número Mais Provável por grama

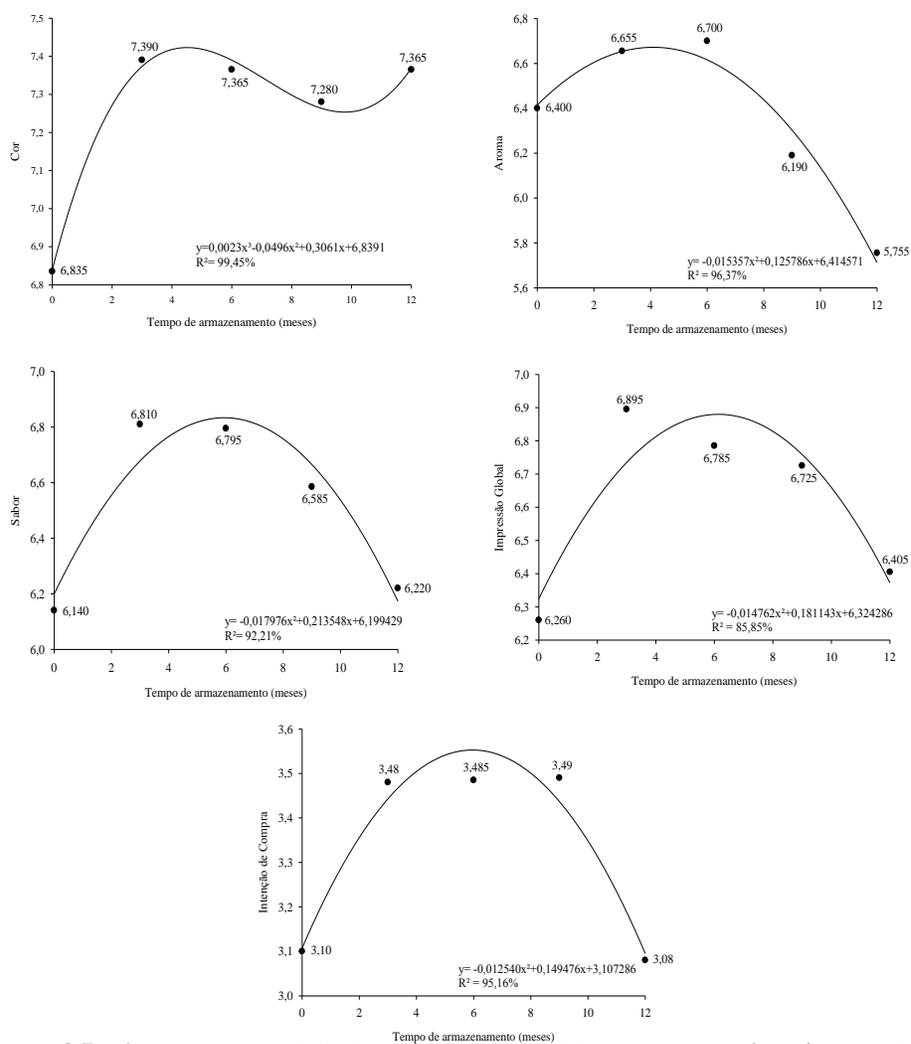


Figura 3 Parâmetros sensoriais da geleia de murici (cor, aroma, sabor, impressão global e intenção de compra), armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$) por doze meses de armazenamento

ARTIGO 2

IMPACTO DO PROCESSAMENTO E DA EMBALAGEM SOBRE A ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, PERFIL FENÓLICO E COMPOSTOS VOLÁTEIS DA GELEIA DE MURICI (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich) AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

Normas da Revista Food Chemistry – ISSN: 0308-8146

Mariana Crivelari da Cunha, Patrícia da Silva Machado, Ana Beatriz Silva Araújo, Aline Gomes Dias Pinto Monteiro, Elisângela Elena Nunes Carvalho, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

RESUMO

Muitas espécies frutíferas do cerrado brasileiro apresentam características sensoriais peculiares e propriedades de alto valor nutricional, porém, pouco exploradas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do processamento, tipo de embalagem (com e sem exposição à luz) e o tempo de armazenamento sobre a qualidade de atributos funcionais e voláteis da geleia elaborada da polpa reconstituída de murici. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em fatorial 2 x 5, sendo dois níveis do fator embalagem (transparente e âmbar) e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com quatro repetições e parcela experimental constituída de 80 g de geleia. O processamento da polpa reconstituída, de forma geral, aumentou os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante, no entanto, reduziu os teores de vitamina C. O tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) todas as variáveis analisadas referentes à determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante. A quantificação de compostos fenólicos na polpa reconstituída de murici e na geleia de murici indica a presença de flavonoides e não flavonoides, sendo que, dentre os compostos identificados, o ácido gálico apresentou-se em maior quantidade. O tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) alguns destes compostos identificados, e o comportamento geral decorreu a partir do declínio na concentração destes ao longo do tempo, com exceção apenas para o ácido gálico. Referente aos compostos voláteis verificou-se que, o processamento influenciou no aumento da quantidade de alcoóis e ácidos carboxílicos, devido à hidrólise das ligações ésteres dos compostos de aroma presente na polpa reconstituída e foi observado que houve um acréscimo nas concentrações destes dois grupamentos funcionais ao longo do tempo de armazenamento.

Palavras-chaves: Frutos do Cerrado. Estocagem. Vida-útil. Capacidade Antioxidante. Compostos bioativos. Aroma.

ABSTRACT

Many fruit species from the Brazilian Cerrado present peculiar sensory characteristics and high nutritional value properties, but little explored. The objective was to evaluate the effect of processing, packaging type (with and without exposure to light) and storage time on the quality of functional and volatile attributes of jelly prepared from the reconstituted pulp murici. We used a completely randomized design in factorial 2 x 5, two levels of the factor packaging (transparent and amber) and five storage periods (0, 3, 6, 9 and 12 months), with four replications and experimental plot consisted 80g of jelly. The reconstituted pulp processing, in general, increased levels of phenolics and antioxidant activity, however, it reduced levels of vitamin C. The storage time significantly influenced ($p < 0.05$) all variables relating to the determination of bioactive compounds and antioxidant activity. The quantitation of phenolics compounds in pulp reconstituted murici and murici jelly indicates the presence of flavonoids and flavonoid not, and from the identified compounds, gallic acid presented in larger quantity. The storage time significantly ($p < 0.05$) identified some of these compounds and the general behavior resulted from the decrease in concentration of these over time, except only for gallic acid. Referring to volatile compounds it was found that the processing significantly influenced the increase in the amount of alcohols and carboxylic acids, due to hydrolysis of the ester bonds of the aroma compounds present in the reconstituted pulp and it was observed that there was an increase in the concentrations of these two functional groups over storage time.

Keywords: Fruit of the Cerrado. Storage. Shelf-life. Quality. Processing.

INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro é considerado a maior formação savânica na América e o segundo maior bioma no Brasil, atualmente compreendendo cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, o que representa cerca de 23,90% da área superficial do país e abrange uma grande diversidade de fauna e flora (BATLLE-BAYER; BATJES; BRINDRABAN, 2010; RATTER; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997). Nas últimas décadas, com a expansão agrícola, extensas áreas de vegetação nativa deram lugar a áreas de monoculturas e pastagens, comprometendo a cobertura original do bioma (CARDOSO et al., 2011; CARRAZZA; ÁVILA, 2010; MELO; HAMACEK et al., 2013; MELO; OLIVEIRA; FRANCESCHINELLI, 2014).

Muitos frutos de espécies nativas do cerrado apresentam características sensoriais peculiares, alto valor nutricional e propriedades funcionais, além de desempenharem papéis econômicos, através da sua comercialização e consumo (CARDOSO et al., 2011). Dentre eles, destaca-se o murici, fruto de *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich, uma importante espécie do cerrado, pertencente à família *Malpighiaceae*. A frutificação dessa espécie ocorre em alguns meses do ano, tendo início em novembro/dezembro, podendo se estender até abril/maio do ano seguinte. O fruto é considerado uma drupa pequena, arredondada ou alongada, apresentando cerca de 1-2 cm de diâmetro. Quando maduro apresenta-se com uma coloração amarela. A polpa é macia, pastosa, de sabor adocicado, apresentando um aroma frutal característico e semelhante a queijo rançoso. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou sob a forma de sucos, licores, sorvetes, iogurtes, doces e geleias (ALVES; FRANCO, 2003; FERREIRA, 2005).

Vários estudos realizados, em todo o mundo, relatam que o consumo frequente de frutos está associado a uma menor propensão ao risco de doenças

crônicas (câncer, doenças cardiovasculares e neurológicas), dada à sua atividade antioxidante, normalmente relacionada à sua concentração de fitoquímicos, como compostos fenólicos, vitaminas e carotenoides (ALMEIDA et al., 2011; CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; VASCO; RUALES; KAMAL-ELDIN, 2008). O perfil fitoquímico dos frutos depende de fatores como estágio de maturação, localização geográfica, condições climáticas, dentre outros (SAMPAIO; HAMERSKI; RIBANI, 2015). Estudos recentes mostram que o murici apresenta elevada capacidade antioxidante (ALMEIDA et al., 2011; MALTA et al., 2013; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012), devido principalmente ao alto teor de compostos fenólicos, como derivados de quercetina, derivados do ácido gálico, catequinas e protocianidinas (GORDON et al., 2011), como também, vitamina C (ALMEIDA et al., 2011; NEVES et al., 2015a; SOUZA et al., 2012) e carotenoides, com predominância em luteína e zeaxantina (MARIUTTI; RODRIGUES; MERCADANTE, 2013).

O estudo dos compostos voláteis vem sendo reportado como de suma importância para a caracterização, reconstituição e formulação de aromas, bem como para a classificação da origem dos frutos de diferentes regiões e/ou variedades e as possíveis mudanças ocorridas durante o seu processamento (ALVES, 2004; ALVES; FRANCO, 2003). De acordo com Alves e Jennings (1979), constituintes voláteis presentes no murici oriundo da região Amazônica, extraídos a partir do método de hidrodestilação e analisados a partir de técnica cromatográfica, foram identificados: terpenoides, alcoóis, carbonilas e ésteres, com predominância para 2-butanona, etilbutirato, butilbutirato e o etilhexanoato. Segundo Alves (2004) e Rezende e Fraga (2003), a classe química mais abundante de voláteis presentes no murici, advindo das regiões do Norte e Nordeste, foi a dos ésteres (55%), como butanoato de etila (frutal e doce), hexanoato de etila (frutal), seguida pela dos álcoois (31,5%), como 1-octeno-3-ol (odor semelhante a cogumelo), 2-feniletanol (floral) e alguns ácidos

orgânicos, a exemplo o ácido butanóico (queijo rançoso) e o ácido hexanóico (pungente).

O murici é um fruto extremamente perecível, de curta vida pós-colheita, mesmo adotando-se as boas práticas de conservação. Sua produção é limitada sazonalmente, o que impede o seu consumo *in natura* ao longo de todo o ano. Assim, o processamento do murici, por exemplo, na forma de geleia, é considerada uma alternativa viável que permite o consumo do fruto, como coproduto, de janeiro a dezembro. No entanto, para que características do fruto *in natura* sejam preservadas na geleia, pelo menos parcialmente, cuidados adequados devem ser assumidos no processamento e durante o armazenamento. Para impedir perdas de funcionalidade dos compostos bioativos, há necessidade de embalagens que bloqueiem a incidência de luz (MIRANDA et al., 2012). Assim, pressupõe-se que o acondicionamento em embalagens que impeçam o contato do produto com a luz, poderá evitar a degradação desses constituintes funcionais, bem como alterações na coloração e perfil volátil, durante o armazenamento.

A proposta deste trabalho foi elaborar uma geleia a partir de polpa reconstituída de murici e verificar, a partir da avaliação da atividade antioxidante, identificação e quantificação de compostos fenólicos e voláteis, o impacto do processamento da polpa reconstituída de murici e o efeito da embalagem com incidência ou não à luz, sobre a qualidade do produto elaborado, ao longo de doze meses de armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção da matéria-prima

Polpa de murici, utilizada na fabricação de geleia foi adquirida da empresa Frutos do Cerrado localizada em Uberlândia, Minas Gerais, acondicionada em sacos plásticos e armazenada à -18°C, até o processamento.

Reagentes químicos

Os reagentes químicos utilizados nas análises descritas foram: ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzenotiazolina-6-ácido sulfônico)) (Sigma Aldrich[®]), acetona (Vetec[®]), ácido acético (Vetec[®]), ácido ascórbico (Vetec[®]), ácido gálico (Vetec[®]), ácido linoleico (Vetec[®]), ácido oxálico (Cinética[®]), ácido sulfúrico (Merck[®]), álcool etílico (Synth[®]), álcool metílico (Vetec[®]), álcool metílico grau HPLC (J-TBacker[®]), β-caroteno (Sigma Aldrich[®]), carbonato de sódio (Labsynth[®]), clorofórmio (QHemis[®]), DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Sigma Aldrich[®]), 2,6-diclofenolindofenol (DFI) (Vetec[®]), 2,4-dinitrofenilhidrazina (hidrazina) (Sigma Aldrich[®]), hélio (Analítica[®]), reagente de Folin-Ciocalteau (Vetec[®]), persulfato de potássio (Neon[®]), trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (Sigma Aldrich[®]), Tween 40 (Sigma Aldrich[®]), padrões de compostos fenólicos (ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferulico, ácido *trans*-cinâmico, vanilina, rutina, quercetina, ácido *m*-cumárico, ácido *p*-cumárico, ácido *o*-cumárico) (Sigma Aldrich[®]), padrões de n-alcenos (C₅-C₂₀) (Sigma Aldrich[®]).

Elaboração da geleia

Para o processamento da geleia (Figura 1), a polpa de murici foi descongelada e filtrada em peneiras de malha fina, separando-se o suco do resíduo sólido. Em seguida, a polpa foi reconstituída na seguinte proporção: para cada litro do suco obtido foram acrescentados 500g do resíduo da polpa. Uma amostra da polpa reconstituída foi reservada para as análises de caracterização. Posteriormente, as formulações da geleia convencional foram elaboradas, considerando a proporção para geleias tipo extra, na proporção 1:1 de polpa reconstituída e açúcar comercial, utilizando a concentração de pectina a 1% (BRASIL, 2005). Para a elaboração da geleia foram utilizados 1,5kg de polpa reconstituída, 15g de pectina comercial e 1,5kg de açúcar cristal (União[®]), feitos em oito bateladas nas mesmas proporções, em um mesmo dia. O fluxograma do processamento da geleia de murici está ilustrado na Figura 1.

Figura 1

Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 2 x 5, sendo 2 níveis de exposição à luz (embalagem transparente – exposição à luz e embalagem âmbar – não exposição à luz) e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 meses), com quatro repetições e a parcela experimental constituída por 80g de geleia (dois frascos de 40g). O impacto do processamento foi avaliado comparando-se dados relativos à polpa reconstituída de murici e a geleia recém-preparada, sendo comparadas as médias oriundas de quatro repetições, para polpa e oito repetições, para geleia (tempo zero - frasco âmbar e transparente).

Análises químicas

Para a obtenção dos extratos antioxidantes foi utilizada a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), adaptada por Rufino et al. (2006, 2007a, 2007b). Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação da atividade antioxidante por meio das metodologias de fenólicos totais, ABTS^{*+}, DPPH e β -caroteno/ácido linoleico.

O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente (EAG).100g⁻¹.

A análise de vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico utilizando-se 2,4-dinitrofenilidrazina (STROHECHER; HENNING, 1967) e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹.

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS^{*+} foi realizada segundo a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) adaptada por Rufino et al. (2007b). Os resultados foram expressos em μ mol de trolox.g⁻¹ de amostra.

Para a determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2007a). Os resultados foram expressos IC₅₀ em g de amostra.g⁻¹ de DPPH.

A determinação da atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoleico foi realizada segundo a metodologia descrita por Duarte Almeida et al. (2006). Os resultados foram expressos em percentagem de inibição da oxidação.

Os extratos para identificação de compostos fenólicos por método cromatográfico foram preparados seguindo-se a metodologia descrita por Ramaiya et al. (2013). Para a extração foram utilizados 2,5g de amostra, homogeneizada em 20 mL de metanol grau HPLC 70% (v/v), durante 1 hora em banho ultrassônico, à temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado a

1500 rpm (25.406,55g) durante 15 minutos à 4°C e filtrado em papel de filtro com porosidade 14µm. Para a injeção das amostras, os extratos foram novamente filtrados utilizando-se filtros de membrana porosa com 0,45 µm.

A quantificação e identificação dos compostos fenólicos foram realizadas em cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC-DAD/UV-Vis) modelo Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com quatro bombas de alta pressão (modelo LC-20AT), com um detector de arranjo de diodos (modelo SPD-M20A), degaseificador (modelo DGU-20A5), interface de CBM-20A, forno CTO-20AC e amostrador automático (modelo SIL-20A). As separações foram realizadas usando uma coluna Shimadzu Shim-pack ODS GVP-C18 (4,6 x 250 mm, 5 mm) ligada a uma pré-coluna (Shimadzu-pack ODS GVP-C18, 4,6 x 10 mm, 5µm). A fase móvel consistiu de 2% (v/v) de ácido acético em água deionizada (Fase móvel A) e 70:28:2 (v/v) de metanol/água/ácido acético (Fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL.min⁻¹ com um programa de eluição de gradiente e tempo de execução de 65 minutos. O volume de injeção foi de 20 µL. As análises foram realizadas a 15°C. Os compostos fenólicos foram detectados a 280 nm. As soluções padrão foram diluídas em metanol e as curvas de calibração foram obtidas a partir de injeções de dez concentrações diferentes, em duplicata. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os padrões (ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferulico, ácido *trans*-cinâmico, vanilina, rutina, quercetina, ácido *m*-cumárico, ácido *p*-cumárico, ácido *o*-cumárico). Os resultados foram expressos em mg do composto fenólico.100g⁻¹ da amostra.

Para a extração e identificação de compostos voláteis foi utilizada a técnica da microextração em fase sólida (SPME) com a combinação a cromatografia gasosa acoplada à espectrofotometria de massa (modelo Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A), sob as

seguintes condições operacionais: foi utilizada a fibra de polidimetilsiloxano/divinilbenzeno (PDMS/DVB) 65 μm para a partição dos compostos voláteis presentes na amostra. A fibra foi acondicionada a uma temperatura de 300°C por 1 hora, antes de sua utilização. As amostras foram acondicionadas por 30 minutos a 40°C sob agitação de 250 rpm. A fibra foi exposta a 1 cm do *headspace* do frasco de vidro de 10 mL. Após a exposição à fibra sob 70°C, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, a 250°C, em *splitless* por 2 minutos. Foi utilizada a coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 μm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5), temperatura do injetor de 270°C, programação da coluna com temperatura inicial de 60°C, sendo acrescidos 3°C a cada minuto até atingir 270°C; gás de arraste hélio, com 1,8 mL.min⁻¹ na coluna; sem *split* com pressão inicial da coluna de 100kPa.

As condições do espectrômetro de massa (EM) foram: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z.s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos.⁻¹e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Os compostos foram tentativamente identificados comparando o tempo de retenção de padrões de alcanos C₅-C₂₀, a partir do índice de retenção da literatura. Os fragmentos de massas foram comparados utilizando as bibliotecas Willey 8 e a literatura específica de Adams (2007).

A análise estatística foi realizada utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Após análise de variância, os modelos de regressão polinomial e os coeficientes de determinação (R²) foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado. Para a determinação da correlação entre os métodos de atividade antioxidante, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) à probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados relativos aos teores de compostos bioativos e capacidade antioxidante da polpa reconstituída de murici são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1

O teor médio de fenólicos totais encontrados na polpa reconstituída de murici, utilizada como matéria-prima para a fabricação da geleia correspondente a $325,99 \pm 6,30 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$, é similar aos reportados por Souza et al. (2012) ($334,37 \pm 9,07 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$) e superiores aos reportados por Almeida et al. (2011) ($159,90 \pm 5,6 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), ao trabalharem com o mesmo fruto. Embora, Neves et al. (2015b) e Rufino et al. (2010) tenham encontrado valores superiores [$2.219,30 \pm 0,0 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$ e $2.380,00 \pm 0,0 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$, respectivamente], seus resultados foram expressos em matéria seca. Esses resultados convertidos para matéria integral são inferiores aos observados no presente trabalho. A polpa reconstituída do murici pode ser considerada como tendo níveis mais altos de compostos fenólicos, em comparação com outras frutas do cerrado brasileiro, como maracujá-doce ($245,36 \pm 3,70 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), jambolão ($185,00 \pm 3,8 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), uvaia ($127 \pm 3,3 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), mangaba ($98,80 \pm 5,6 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), tamarindo ($83,80 \pm 6,1 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$), jenipapo ($47,94 \pm 1,81 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$) e umbu ($44,60 \pm 2,7 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$) (ALMEIDA et al., 2011; RUFINO et al., 2010; SOUZA et al., 2012), embora Lima et al. (2015) tenha encontrado teores ainda maiores de fenólicos em mangaba, da ordem de $500 \text{mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$.

O teor médio de vitamina C ($37,84 \text{mg.}100\text{g}^{-1} \pm 3,08$) encontrado na polpa reconstituída de murici foi inferior ao relatado por Souza et al. (2012) e superiores aos encontrados por Almeida et al. (2011), correspondendo a

44,47mg.100g⁻¹±3,26 e 11,80mg.100g⁻¹±0,01, respectivamente. Segundo Ramful et al. (2011), o teor de ácido ascórbico é classificado em três categorias: baixa (<30mg.100g⁻¹); média (30-50 mg.100g⁻¹) e alta (>50 mg.100g⁻¹). De acordo com a Tabela 1, a polpa reconstituída de murici (37,84mg.100g⁻¹±3,08) pode ser classificada com um teor médio de ácido ascórbico.

A atividade antioxidante, determinada pelo método ABTS^{*+}, da polpa reconstituída de murici foi aproximadamente seis vezes superior a observada em murici por Souza et al. (2012) (57,25±4,05µmol de trolox.g⁻¹) e vinte vezes superior a observada por Almeida et al. (2011) (15,73±0,01µmol de trolox.g⁻¹), no entanto, inferior a observada por Sampaio, Hamerski e Ribani (2015) (490±27,4µmol de trolox.g⁻¹) para frutos de *Byrsonima ligustrifolia*, do mesmo gênero do murici estudado, mas de outra espécie. Já a média de atividade antioxidante determinada pelo método DPPH da polpa reconstituída de murici (397,98±36,78g de amostra.g⁻¹) (Tabela 1) foi superior, enquanto que, a atividade antioxidante determinada pelo método β-caroteno/ácido linoleico (38,58%±7,58) foi inferior àquelas encontrada em murici da espécie *Byrsonima dealbata*, por Rufino et al. (2010) (238±17,70g de amostra.g⁻¹ e 61,50%±1,6, respectivamente), ressaltando-se tratarem de espécies diferentes. Destaca-se, ainda, que valores mais altos de IC₅₀ indicam uma menor atividade antioxidante. Segundo Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005), a capacidade antioxidante, referente ao método β-caroteno/ácido linoleico é classificada, como: i) níveis elevados (>70%); ii) intermediário (40-70%) e iii) baixo (<40%), na inibição da oxidação. Logo, a polpa reconstituída de murici pode ser classificada como de baixa capacidade de percentagem da inibição da oxidação.

As variações observadas podem ser atribuídas, obviamente, às naturais diferenças entre as espécies. Considerando-se as variações observadas a partir de comparações feitas entre frutos da mesma espécie, elas podem ser atribuídas a variações genéticas, visto se tratar de espécie nativa dispersora de sementes,

estádio de maturação na colheita e sua origem e, conseqüentemente, às condições edafo-climáticas às quais a planta mãe foi submetida. Detalhes analíticos, como método de extração, também podem interferir no resultado final. Além disso, no presente trabalho foi analisada a polpa reconstituída do murici, enquanto que os autores citados trabalharam, normalmente, com o fruto.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, verificou-se que o processamento da polpa reconstituída, de forma geral, aumentou os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante, independente do método utilizado, no entanto, reduziu os teores de vitamina C. Esses resultados estão associados ao tratamento térmico (cocção) que favoreceu a extração de compostos fenólicos e conseqüentemente o aumento da atividade antioxidante. Por outro lado, o uso de temperaturas elevadas no processo de cocção, promoveu a diminuição da vitamina C, composto termolábil e instável e que pode ser facilmente degradada durante o processamento. Resultados semelhantes aos encontrados por Kim et al. (2006), Raupp et al. (2011) e Vedana et al. (2008).

O processamento impactou positivamente os fenólicos totais, que aumentaram de $325,99 \pm 6,30 \text{ mg (EAG).100g}^{-1}$ para $1.013,81 \pm 14,41 \text{ mg (EAG).100g}^{-1}$, comparando-se polpa reconstituída e geleia recém preparada, respectivamente (Tabela 1). Esse comportamento ocorre, segundo Raupp et al. (2011), devido à aplicação do tratamento térmico utilizando temperaturas acima de 90°C e a presença de ligeira acidez na elaboração da geleia que pode ocasionar a ruptura da parede celular vegetal e assim, liberar e aumentar o processo de extração de compostos fenólicos insolúveis. Resultados semelhantes referentes à Kim et al. (2006), onde o efeito do aquecimento de sementes de uva favorece a liberação de compostos fenólicos e, portanto, o aumento na quantificação desses compostos. Por outro lado, Siddhuraju (2006) afirma que a concentração de compostos fenólicos também pode diminuir, durante o processamento, devido à possibilidade de formação de complexos taninos-

proteínas e taninos-carboidrato - frações insolúveis - como também, a formação de complexos de polissacarídeos de parede celular.

Verificou-se que houve uma redução do ácido ascórbico, após a elaboração da geleia, de $37,84 \pm 3,08 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ para $19,33 \pm 1,03 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$, no tempo inicial. Esse resultado é devido à oxidação da vitamina C, composto biologicamente ativo, instável e reversivelmente oxidado a ácido L-dehidroascórbico, sendo que, a decomposição do ácido L-dehidroascórbico é produzido o ácido 2,3-dicetoglulônico que origina a formação do hidroximetilfurfural (HMF) (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2006), responsável pelo escurecimento, após a elaboração da geleia.

Através do método DPPH, observou-se que, a quantidade de polpa reconstituída necessária para reduzir o radical DPPH em 50% ($397,98 \pm 36,78 \text{g}$ de amostra. g^{-1}) foi relativamente superior quando comparado os resultados com a geleia ($132,32 \pm 34,43 \text{g}$ de amostra. g^{-1}), o mesmo é observado para o método ABTS^{*+} de $362,50 \pm 11,90 \mu\text{mol}$ de trolox. g^{-1} (polpa reconstituída) para $1.581,78 \pm 723,77 \mu\text{mol}$ de trolox. g^{-1} (geleia). O aumento das propriedades antioxidantes após o processamento por ser atribuído à formação de produtos da reação de Maillard tais como o hidroximetilfurfural (HMF), que também apresenta elevada atividade antioxidante e, portanto, ter contribuído pelo aumento na atividade do sequestro de radicais, pelo método DPPH e pelo método ABTS^{*+} (DUENAS et al., 2005; SIDDHURAJU, 2006). Verificou-se também que, o impacto do processamento referente a método β -caroteno/ácido linoleico, no tempo inicial, é classificado com um nível intermediário da percentagem de inibição da oxidação ($35,12\% \pm 11,93$) (Tabela 1), sendo assim, o aumento da capacidade de inibição da oxidação, da geleia, pode estar relacionado no processo de extração de compostos fenólicos insolúveis (RAUPP et al., 2011).

Quanto aos resultados relativos à geleia armazenada, verificou-se que, o tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p < 0,05$) todas as variáveis analisadas referentes à determinação de compostos bioativos (Figura 2), que não foram influenciados pelo tipo de tratamento empregado (embalagem exposta ou não à luz).

Figura 2

Com relação aos compostos fenólicos presentes na geleia, observou-se que, com o tempo de armazenamento, ocorreu uma redução do seu teor de $1.013,81 \pm 14,41 \text{ mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$ para $636,22 \pm 66,21 \text{ mg (EAG).}100\text{g}^{-1}$, resultados referentes ao tempo inicial e após doze meses de armazenamento, respectivamente (Figura 2), uma redução correspondente a 62,36%. Isso ocorre devido às condições de armazenamento (exposto à temperatura ambiente) e/ou por decomposição oxidativa dos produtos oriundos da reação de escurecimento não enzimático, o que contribui para a redução de compostos fenólicos. O comportamento quadrático de compostos fenólicos observado (Figura 2) é semelhante ao relatado por Damiani et al. (2012), durante o armazenamento de geleia mista de araçá e marolo.

Observou-se uma redução linear do ácido ascórbico (Figura 2) sendo detectável até o final do tempo estabelecido de análise. De acordo com os resultados obtidos por Damiani et al. (2012), o teor de vitamina C mostrou um decaimento significativo ($p < 0,05$), durante o tempo de armazenamento, sendo detectável apenas até o 4º mês de armazenamento. Segundo a *Dietary Reference Intakes* (DIETARY..., 2011) a necessidade diária de vitamina C é estimada para adultos entre 31 a 50 anos, de 75 a 90 mg.dia^{-1} , que devem ser obtidos por meio da ingestão de alimentos de origem vegetal e frescos, sendo assim, a geleia de

murici é apresenta um baixo teor desse componente, mas pode vir a complementar as necessidades recomendadas.

O tempo de armazenamento da geleia de murici (Figura 2), através do método ABTS^{*+}, observou-se que ocorreu um declínio dos resultados do tempo inicial e aos doze meses de armazenamento, correspondente a $2.685,75 \pm 479,09 \mu\text{mol}$ de trolox.g⁻¹ para $1.006,95 \pm 299,48 \mu\text{mol}$ de trolox.g⁻¹, uma redução de 37,49%, ao final do período de armazenamento. Pelo método DPPH (Figura 2), observou-se que ocorreu um incremento nos resultados do tempo inicial e após o 9º meses de armazenamento, correspondente a $118,99 \pm 30,94 \text{g}$ de amostra.g⁻¹ para $161,98 \pm 58,25 \text{g}$ de amostra.g⁻¹ e um declínio no 12º mês, correspondente a $139,57 \pm 14,40 \text{g}$ de amostra.g⁻¹, considerando-se que, valores mais baixos de IC₅₀ indicam uma maior atividade antioxidante. Esse declínio da atividade antioxidante ao longo do tempo de armazenamento, observado para os métodos ABTS^{*+}, DPPH e está relacionado à oxidação não enzimática, uma das principais causas na perda no teor de fenólicos totais (PATRAS et al., 2011) e vitamina C o contribuindo para a redução do potencial antioxidante. A partir do método β-caroteno/ácido linoleico (Figura 2), observou-se um aumento no 3º mês de armazenamento e estabilização dos resultados até o final do tempo de análise. A partir dos dados obtidos e relacionando-se com o declínio dos compostos fenólicos, observado ao longo do tempo de armazenamento (Figura 2), verificou-se que a atuação dos antioxidantes foi classificada como uma eficiência intermediária (40-70%), pelo método β-caroteno/ácido linoleico atuando no bloqueio da formação de peróxidos e hidroperóxidos, a partir da oxidação do ácido linoleico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005).

Devido às diversas metodologias empregadas na determinação da capacidade antioxidante e sua possível correlação com os compostos fenólicos e

vitamina C, foi determinada a correlação de Pearson (r), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2

Observou-se correlação positiva ($p < 0,05$) entre fenólicos totais e ABTS^{*+} ($r=0,75$), fenólicos totais e vitamina C ($r=0,67$) e vitamina C e ABTS^{*+} ($r=0,61$), enquanto correlação negativa ($p < 0,05$) foi observada entre fenólicos totais e DPPH IC₅₀ ($r=-0,40$) e ABTS^{*+} e DPPH IC₅₀ ($r=-0,35$) (Tabela 2). Assim, a atividade antioxidante medida pelo ABTS^{*+} aumenta proporcionalmente com o aumento de compostos fenólicos e vitamina C, que também se correlacionam positivamente entre si. Quanto ao DPPH IC₅₀, ressalta-se que quanto maiores seus valores, menor a real atividade antioxidante da geleia. Logo, embora se tenha constatada correlação negativa entre fenólicos e DPPH, entende-se, que quanto maior o teor de fenólicos, maior a real atividade antioxidante medida por esse método. O mesmo raciocínio vale para a correlação entre os dois métodos antioxidantes (ABTS^{*+} e DPPH). Não obstante, nenhuma correlação foi observada entre vitamina C e DPPH e entre a atividade antioxidante medida pelo método β -caroteno/ácido linoleico e as demais variáveis. De fato, a correlação entre fenólicos, vitamina e atividade antioxidante era previsível, visto que, alguns estudos demonstram uma forte correlação entre componentes fenólicos e atividade antioxidante, sendo uma das contribuições mais importantes para a atividade antioxidante desta fruta, de acordo com Almeida et al. (2011) e Sampaio, Hamerski e Ribani (2015).

Os cromatogramas relativos aos padrões e compostos fenólicos identificados na polpa reconstituída e na geleia de murici são apresentados na Figura 3.

Figura 3

Flavonoides (catequina) e não flavonoides (ácido gálico, vanilina, ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico, ácido cafeico e o ácido *trans*-cinâmico) foram identificados e quantificados, na polpa e geleia de murici, enquanto o ácido clorogênico, apenas na geleia (Tabela 3).

Tabela 3

Dos sete fenólicos identificados, catequina e quercetina já o foram, em diferentes espécies de *Byrsonima*, além de derivados do ácido gálico (HERRERA-RUIZ et al., 2011; MALDINI et al., 2011; MARIUTTI et al., 2014; SANNOMIYA et al., 2005, 2007), assim como epicatequina, rutina e kaempferol (HERRERA-RUIZ et al., 2011; MALDINI et al., 2011; MARIUTTI et al., 2014).

Dentre os compostos identificados na polpa reconstituída, o ácido gálico apresentou-se em maior quantidade ($15,93 \pm 0,14 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$) (Tabela 3). Segundo os estudos de Maldini et al. (2011) e Sannomiya et al. (2005, 2007) as espécies de *Byrsonima* são reportadas por serem ricas em derivados do ácido gálico, a exemplo do ácido galoil quínico. Dentre os compostos fenólicos identificados em concentrações inferiores a $1 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ destacam-se: catequina ($0,33 \pm 0,08 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), ácido cafeico ($0,31 \pm 0,03 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$) e o ácido *p*-cumárico ($0,28 \pm 0,01 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), seguido do ácido ferúlico ($0,13 \pm 0,00 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), ácido *trans*-cinâmico ($0,12 \pm 0,02 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$) e vanilina ($0,08 \pm 0,00 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), salientando-se que o ácido clorogênico foi identificado somente na geleia (Tabela 3). Resultados inferiores aos encontrados por Sampaio (2015), que quantificou, em frutos maduros de murici vermelho (*Byrsonima ligustrifolia*) $186,5 \pm 16,99 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de ácido gálico e $38,11 \pm 10,40 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ de ácido *p*-

cumárico, expressos em matéria integral. De acordo com Mariutti et al. (2014), o composto fenólico majoritário identificado e quantificado no murici (*Byrsonima crassifolia*), por HPLC-DAD/MS, foi o ácido gálico ($4,20 \pm 0,01 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$), seguido pela quercetina ($2,72 \pm 0,35 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$), assim como observado no presente trabalho, embora em concentrações diferentes. As diferenças qualitativas e quantitativas observadas podem ser atribuídas a diferenças entre as espécies de *Byrsonima*, bem como às condições edafo-climáticas às quais as plantas foram submetidas, estágio de maturação dos frutos, o uso da polpa reconstituída e metodologia, parâmetros e condições cromatográficas utilizadas.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 3, verificou-se que o processamento da polpa reconstituída, de forma geral, aumentou a concentração dos principais compostos fenólicos identificados na geleia, considerando-se o tempo inicial, aumento condizente com o observado para fenólicos totais (Tabela 1). O aumento médio de todos os compostos fenólicos foi de cerca de 45,53%, resultado semelhante ao relatado por Rodriguez-Roque et al. (2015), de 44%, em média, na concentração de compostos fenólicos determinados por HPLC, após o processamento de laranja, kiwi, abacaxi e manga, frutos utilizados na fabricação de suco misto. Portanto, o efeito do processamento sobre a concentração de compostos fenólicos irá depender do tipo de alimento, bem como, da intensidade e duração do processamento, o que pode ocasionar em um aumento ou diminuição na concentração de fenólicos, como também na biodisponibilidade deles (CHANDRASEKHAR; NACZK; SHAHIDI, 2012; RODRIGUEZ-ROQUE et al., 2015).

Dos oito compostos fenólicos identificados na geleia de murici, no tempo zero, o ácido gálico apresentou-se em maior quantidade ($18,58 \pm 0,26 \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), seguido do ácido *trans*-cinâmico ($2,50 \pm 0,69 \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$), catequina ($2,40 \pm 2,12 \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e ácido clorogênico ($2,05 \pm 0,47 \text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Dentre os compostos fenólicos identificados em concentrações inferiores a

1mg.100g⁻¹ destacam-se: o ácido cafeico (0,79±0,16mg.100g⁻¹), ácido *p*-cumárico (0,49±0,08mg.100g⁻¹), ácido ferúlico (0,23±0,08mg.100g⁻¹) e vanilina (0,13±0,07mg.100g⁻¹) (Tabela 3).

O tempo de armazenamento influenciou significativamente (p<0,05) alguns dos compostos fenólicos identificados, a saber: ácido gálico, ácido clorogênico, vanilina, ácido *p*-cumárico e o ácido ferúlico (Figura 4).

Figura 4

Observou-se um comportamento sigmoidal significativo (p<0,05) para o ácido gálico (Figura 4). De acordo com Correia (1996), o gênero *Byrsonima* apresenta exocarpo rico em taninos. Logo, os hidrossolúveis são amplamente distribuídos no reino vegetal, são constituídos por uma mistura de fenóis simples, tais como ésteres de ácido gálico, sendo prontamente hidrossolúveis em condições ácidas (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004), conseqüentemente, devido às condições do processamento e do tempo de armazenamento, pode ter ocasionado a hidrólise da ligação éster e o aumento (p<0,05), durante o período de armazenamento, na concentração de ácido gálico.

De acordo com a Figura 4, o aumento, nos três primeiros meses, seguido de queda até o final do armazenamento foi observado para o ácido clorogênico e vanilina, enquanto tendência de queda foi observada ao longo de todo armazenamento para ácido *p*-cumárico e ácido ferúlico. (Figura 5).

Trinta e um compostos voláteis foram tentativamente identificados na polpa reconstituída de murici, sendo a maior proporção de ésteres (58,20%), destacando-se o hexanoato de etila como composto majoritário (50,46%), seguido pelos ácidos carboxílicos, com destaque para o ácido hexanóico (31,99%) e ácido butanóico (0,67%) (Tabela 4).

Tabela 4

Segundo Alves e Jennings (1979), com a utilização da técnica de destilação-extração simultânea, foram identificados 23 compostos na polpa do murici. Os compostos majoritários foram os ésteres, como observado no presente trabalho, principalmente o butanoato, hexanoato e octanoato de etila. Alves e Franco (2003), ao extraírem compostos voláteis de murici, por SPME, mesma técnica utilizada no presente trabalho, identificaram uma grande variedade de álcoois, compostos sulfurados, compostos aromáticos, ácidos graxos, e uma grande variedade de ésteres. Compostos com os mesmos grupamentos funcionais, à exceção dos sulfurados, também foram identificados no presente trabalho. Destaca-se, no murici, a presença de ácido butanóico e hexanóico, também observada por Alves e Franco (2003), que os descrevem com aroma de queijo, ranço e manteiga. De fato, o murici se distingue da maioria dos frutos, por teores expressivos de lipídeos, o que sugere cuidados no processamento e armazenamento, para se evitar hidrólise e oxidações, que podem levar a alterações indesejáveis no aroma. No entanto, esses autores comentam que podem ocorrer específicas interações entre vários compostos voláteis, que devem originar o aroma característico da fruta.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4, referente ao impacto do processamento sobre os compostos voláteis, verificou-se que, de forma geral, o processamento promoveu a formação de uma série de compostos voláteis, com aumento na quantidade de álcoois e ácidos carboxílicos, que podem ter sido originados a partir da quebra de ésteres, presentes na polpa reconstituída do murici, devido ao efeito das condições do processamento (altas temperaturas, baixo pH, tempo de cocção).

Quanto ao tempo de armazenamento da geleia de murici observou-se, a partir da Figura 5, um aumento na área relativa do etanol, até aproximadamente

o sétimo mês de armazenamento. O comportamento da propanona e do ácido butanóico apresentou um acréscimo até o nono mês, enquanto que, foi observado um decréscimo na área relativa a partir do nono mês para o ácido hexanóico 2-metil. Para os demais ácidos (ácido hexanóico e ácido octanóico) e éster (hexanoato de butila) foi observado um comportamento oscilatório ao longo do tempo de armazenamento, a partir dos ajustes polinomiais.

Figura 5

CONCLUSÃO

O processamento acarretou aumento nos teores de compostos fenólicos e na atividade antioxidante, bem como na quantidade de álcoois e ácidos graxos de cadeia curta. O armazenamento da geleia de murici foi marcado pela redução dos compostos fenólicos, atividade antioxidante e ésteres voláteis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007. 804 p.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ALVES, G. L. **Compostos voláteis importantes para o aroma de jenipapo (*Genipa Americana* L.) e murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich)**. 2004. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- ALVES, G. L.; FRANCO, M. R. B. Headspace gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds in murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich). **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 985, n. 1/2, p. 297-301, 2003.
- ALVES, S.; JENNING, W. G. Volatile composition of certain Amazonian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 4, n. 2, p. 149-159, 1979.
- BATLLES-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BRINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 137, n. 1/2, p. 47-58, 2010.
- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2004.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- 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.

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

CHANDRASEKARA, A.; NACZK, M.; SHAHIDI, F. Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. **Food Chemistry**, London, v. 133, n. 1, p. 1-9, 2012.

CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 2011.

CORREIA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, 1996. v. 2.

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**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 334-343, 2012.

DIETARY reference intakes (DRIs): estimated average requirements. 2011. Disponível em: <https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2016.

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

DUENAS, M. et al. Bioactive phenolic compounds of cowpeas (*Vigna sinensis* L.). Modifications by fermentation with natural microflora and with *Lactobacillus plantarum* ATCC 14917. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 2, p. 297-304, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. G. R. **Murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich)**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 2p.

GORDON, A. et al. Phenolic constituents and antioxidant capacity of four underutilized fruits from the Amazon region. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 59, n. 14, p. 7688-7699, 2011.

HAMACEK, F. R. et al. Valor nutricional, caracterização física e físico-química de jenipapo (*Genipa americana* L.) do cerrado de Minas Gerais. **Brazilian Journal Food Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 73-77, 2013.

HASSIMOTO, N. M.; GENOVESE, I. S.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HERRERA-RUIZ, M. et al. Antidepressant effect and pharmacological evaluation of standardized extract of flavonoids from *Byrsonima crassifolia*. **Phytomedicine**, Stuttgart, v. 18, n. 14, p. 1255-1261, 2011.

KIM, S. Y. et al. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts, **Food Chemistry**, London, v. 97, p. 472-479, 2006.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

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

MALDINI, M.; MONTORO, P.; PIZZA, C. Phenolic compounds from *Byrsonima crassifolia* L. bark: Phytochemical investigation and quantitative analysis by LC-ESI MS/MS. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 56, n. 1, p. 1-6, 2011.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, Barking, v. 53, n. 1, p. 417-425, 2013.

MARIUTTI, L. R. B. et al. The Amazonian fruit *Byrsonima crassifolia* effectively scavenges reactive oxygen and nitrogen species and protects human erythrocytes against oxidative damage. **Food Research International**, Barking, v. 64, p. 618-625, 2014.

MARIUTTI, L. R. B.; RODRIGUES, E.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids from *Byrsonima crassifolia*: Identification, quantification and in vitro scavenging capacity against peroxy radicals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 31, n. 1, p. 155-160, 2013.

MELO, M. S.; OLIVEIRA, D. E.; FRANCESCHINELLI, E. V. Density and fertility of *Byrsonima pachyphylla* A. Juss (*Malpighiaceae*) in small fragments of the Brazilian Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 259-265, 2014.

MIRANDA, T. G. et al. Avaliação do morango em calda submetido a diferentes concentrações de açúcar e condições de armazenamento. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 23, n. 2, p. 307-315, 2012.

NEVES, L. C. et al. Postharvest nutraceutical behavior during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, London, v. 174, n. 1, p. 188-196, 2015b.

NEVES, L. C. et al. Study to determine the optimum harvest date of murici (*Byrsonima coccolobifolia* Kunth.) from quality and functional attributes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 188, n. 4, p. 49-56, 2015a.

PATRAS, A. et al. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. **Food Bioprocess Technology**, Heidelberg, v. 4, p. 1245-1252, 2011.

RAMAIYA, S. D. et al. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 93, n. 5, p. 1198-1205, 2013.

RAMFUL, D. et al. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruits pulps. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2088-2099, 2011.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, London, v. 80, p. 223-230, 1997.

RAUPP, D. S. et al. Effect of processing on antioxidant potential and total phenolic content in beet (*Beta vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 688-693, 2011.

REZENDE, C. M.; FRAGA, S. R. G. Chemical and aroma determination of the pulp and seeds of murici (*Byrsonima crassifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 425-428, 2003.

RODRÍGUEZ-ROQUE, M. J. et al. Impact of food matrix and processing on the in vitro bio accessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages. **Journal of Functional Foods**, Oxford, v. 14, p. 33-43, 2015.

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

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, 2007a. (Comunicado Técnico, 127).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{*+}. Fortaleza: Embrapa, 2007b. (Comunicado Técnico, 128).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico. Fortaleza: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico).

SAMPAIO, C. R. P. **Caracterização físico-química, capacidade antioxidante e compostos bioativos de frutos de murici vermelho (*Byrsonima ligustrifolia* A. Juss) em cinco estádios de maturação**. 2015. 104f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SAMPAIO, C. R. P.; HAMERSKI, F.; RIBANI, R. H. Antioxidant phytochemical of *Byrsonima ligustrifolia* throughout fruit developmental stages. **Journal of Functional Foods**, Oxford, v. 18A, p. 400-410, 2015.

SANNOMIYA, M. et al. Application of liquid chromatography/ electrospray ionization tandem mass spectrometry to the analysis of polyphenolic compounds from an infusion of *Byrsonima crassa* Niedenzu. **Rapid Communication in Mass Spectrometry**, San Francisco, v. 19, n. 16, p. 2244-2250, 2005.

SANNOMIYA, M. et al. Mutagenic evaluation and chemical investigation of *Byrsonima intermedia* A. Juss leaf extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 112, n. 2, p. 319-326, 2007.

SIDDHURAJU, P. The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia*) (Jacq.) Marechal seed extracts. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 1, p. 149-157, 2006.

SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

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

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 17, n. 2, p. 219-227, 2006.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.

VEDANA, M. I. S. et al. Efeito do processamento na atividade antioxidante de uva. **Alimentos e Nutrição**, Marília, v. 19, n. 2, p. 159-165, 2008.

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

FIGURAS E TABELAS

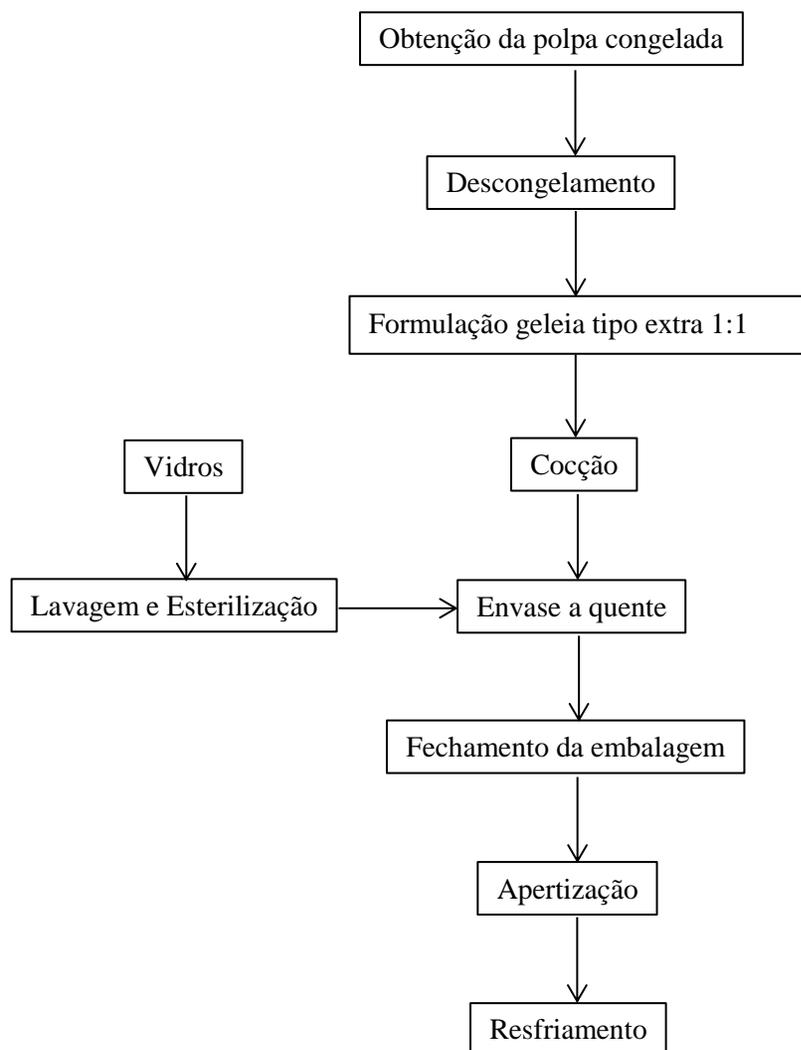


Figura 1 Fluxograma do processamento da geleia de murici

Tabela 1 Valores médios da determinação de compostos bioativos da polpa reconstituída de murici e do tempo inicial da geleia de murici

Compostos bioativos e capacidade antioxidante	Polpa Reconstituída de Murici¹	Geleia de Murici²
Vitamina C (mg ácido ascórbico.100g ⁻¹)	37,84±3,08	19,33±1,03
Fenólicos totais mg (EAG).100g ⁻¹ .	325,99±6,30	1.013,81±14,41
ABTS ^{*+} (μmol de trolox.g ⁻¹ de amostra)	362,50±11,90	2.685,76±479,09
DPPH IC ₅₀ (g de amostra.g ⁻¹ de DPPH)	397,98±36,78	119,0±30,94
β-caroteno/ácido linoleico (% oxidação)	38,58±7,58	35,12±11,93

¹Dados apresentados como média ± desvio padrão de quatro repetições.²Dados apresentados como média ± desvio padrão de oito repetições das amostras do tempo inicial

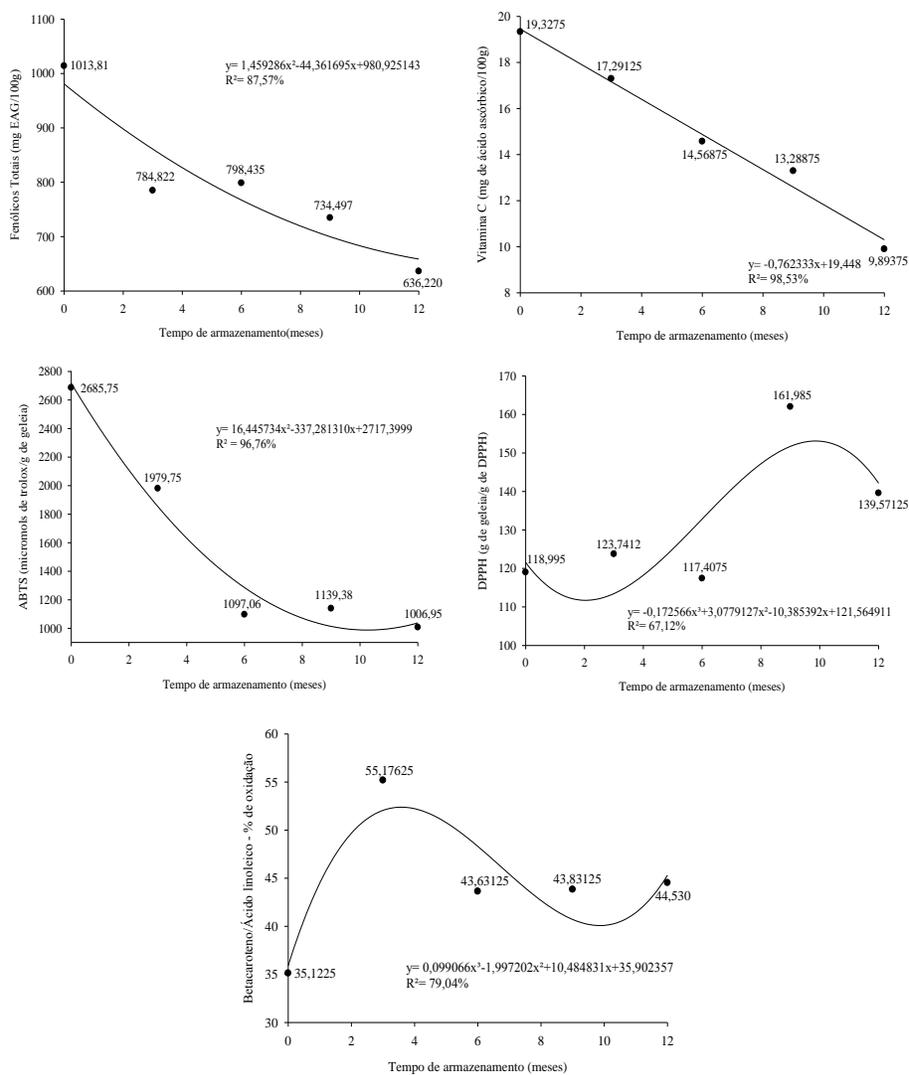


Figura 2 Comportamento polinomial, a partir da regressão ($p < 0,05$) dos compostos bioativos (fenólicos totais, vitamina C, ABTS^{*+}, DPPH e β -caroteno/ácido linoleico) da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^\circ\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento

Tabela 2 Correlação de Pearson (r) ($p < 0,05$) entre os compostos bioativos e da capacidade antioxidante da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento

Correlação de Pearson (r)	Fenólicos totais	Vitamina C	ABTS*⁺	DPPH IC₅₀	β-caroteno/ácido linoleico
Fenólicos totais	-	0,670*	0,750*	-0,405*	-0,296
Vitamina C	-	-	0,614*	-0,266	0,036
ABTS* ⁺	-	-	-	-0,357*	-0,234
DPPH IC ₅₀	-	-	-	-	-0,075
β -caroteno/ácido linoleico	-	-	-	-	-

Os pares das variáveis com coeficientes de correlação positivos e p-valor ($< 0,05$) tende a aumentarem juntos. Para pares com coeficiente de correlação negativo e p-valor ($< 0,05$), uma variável tende a diminuir quando a outra tende a aumentar. Pares com p-valor ($> 0,05$), as duas variáveis não apresentam correlações significativas

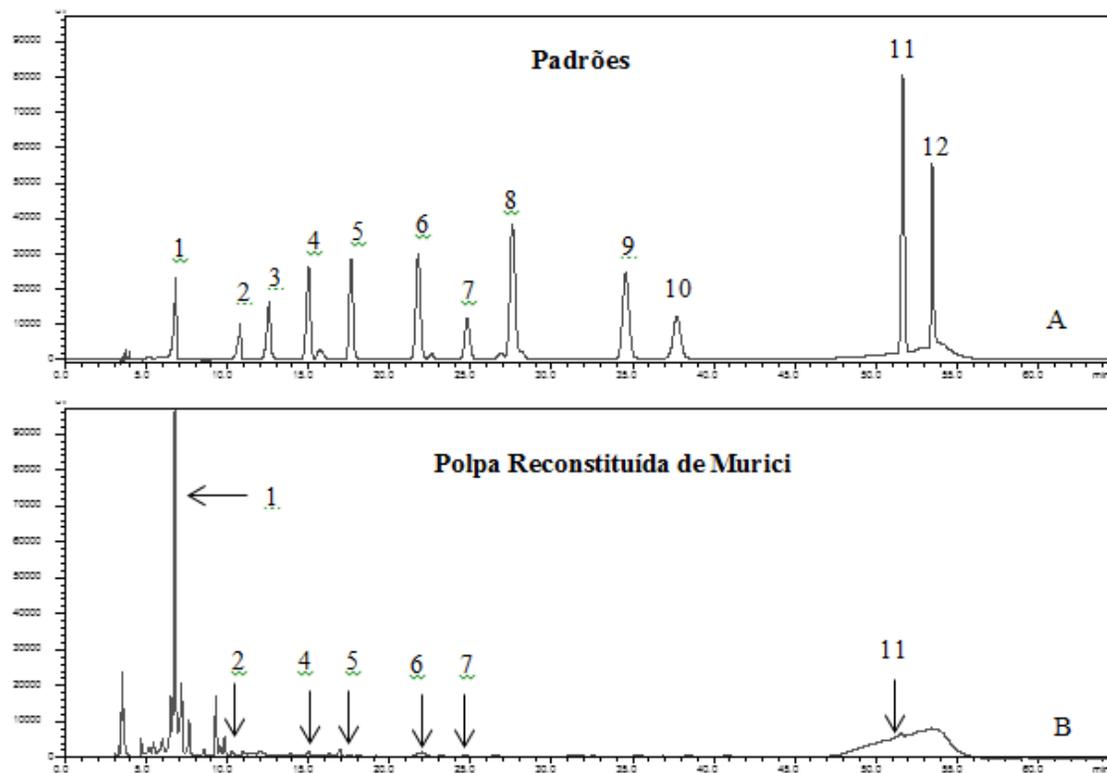


Figura 3 Compostos fenólicos da polpa reconstituída e da geleia de murici, no tempo inicial (tempo 0) e após doze meses de armazenamento (tempo 4) utilizando HPLC-DAD/UV-Vis

(...continua)

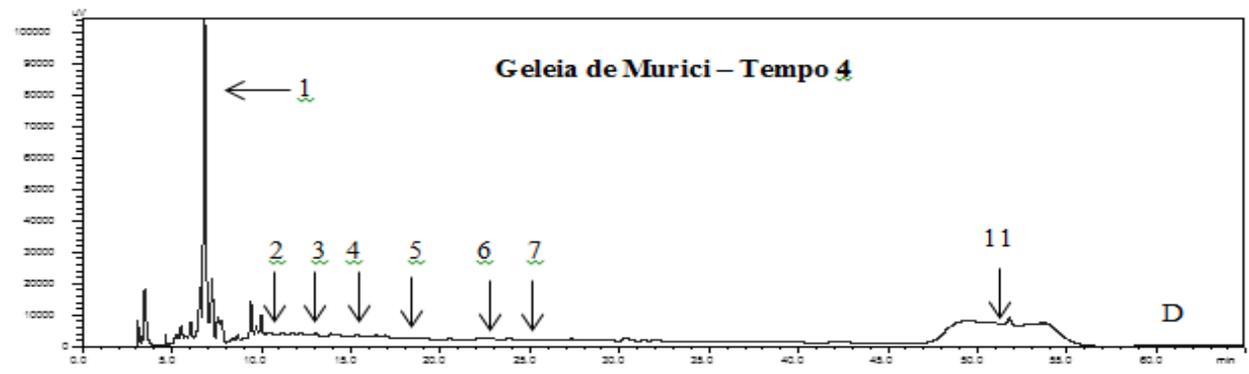
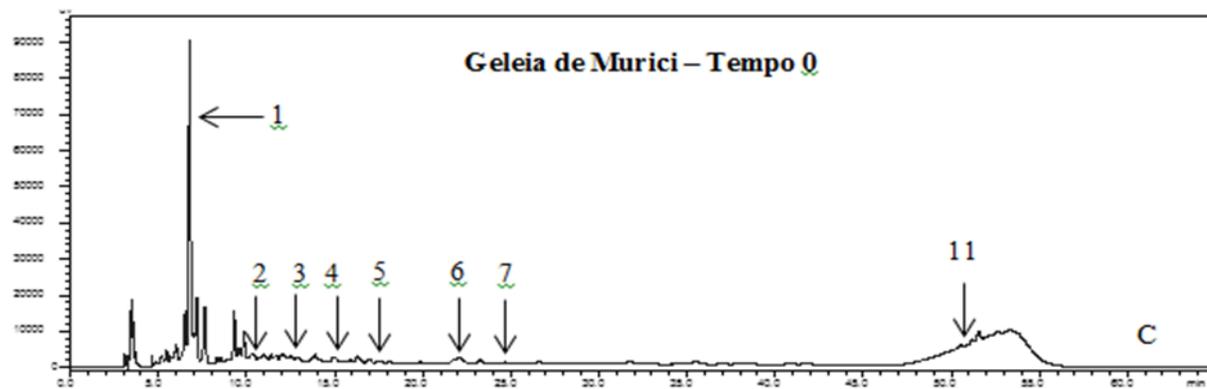


Tabela 3 Quantificação e identificação por HPLC-DAD/UV-Vis de compostos fenólicos da polpa reconstituída de murici e do tempo inicial da geleia de murici

Compostos fenólicos	Tempo de retenção (min)	Polpa Reconstituída de Murici ¹ (mg.100g ⁻¹)	Geleia de Murici ² (mg.100g ⁻¹)
1. Ácido gálico	6,82	15,93±0,14	18,58±0,26
2. Catequina	10,80	0,33±0,08	2,40±2,12
3. Ácido clorogênico	12,56	nd	2,05±0,47
4. Ácido cafeico	15,05	0,31±0,03	0,79±0,16
5. Vanilina	17,65	0,08±0,00	0,13±0,07
6. Ácido <i>p</i> -cumárico	21,81	0,28±0,01	0,49±0,08
7. Ácido ferulico	24,79	0,13±0,00	0,23±0,01
8. Ácido <i>m</i> -cumárico	27,62	nd	nd
9. Ácido <i>o</i> -cumárico	34,62	nd	nd
10. Quercetina	37,59	nd	nd
11. Ácido <i>trans</i> -cinâmico	51,66	0,12±0,02	2,50±0,69
12. Rutina	53,49	nd	nd

¹Dados apresentados como média ± desvio padrão de duas repetições. ²Dados apresentados como média ± desvio padrão de duas repetições das amostras do tempo inicial

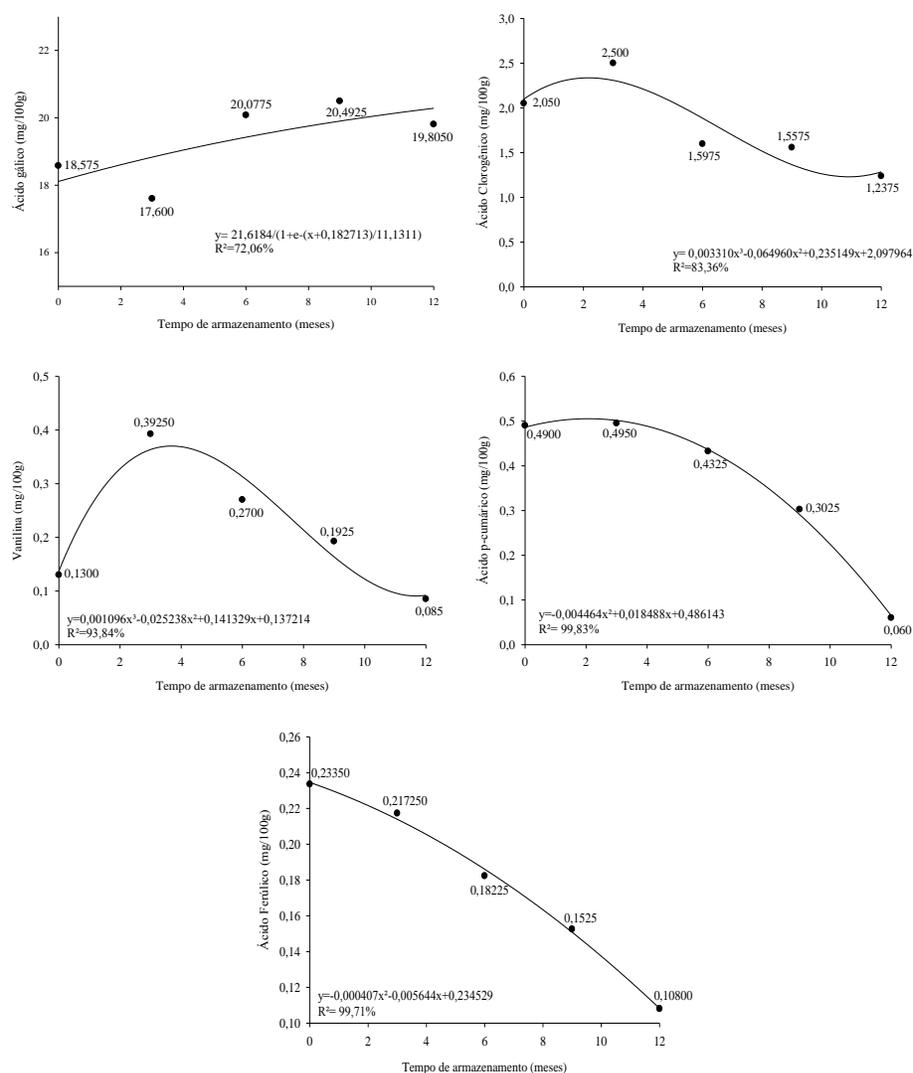


Figura 4 Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p < 0,05$) dos compostos fenólicos identificados por HPLC- DAD/UV-Vis da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^{\circ}\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento

Tabela 4 Constituintes voláteis, com o índice de retenção calculado e a percentagem de área relativa dos compostos de aroma da polpa reconstituída de murici e da geleia de murici recém preparada

Constituinte Volátil	Índice de Retenção	% Área Relativa da polpa	% Área Relativa da geleia (tempo 0)	Odor*
Álcoois				
Etanol	-	0,20	0,27	doce
2-butanol	602	0,03	0,00	-
Hexan-1-ol	863	0,28	0,09	flores, verde
4-Ciclohexanol-1-metil	1025	0,33	0,00	-
1-butanol-2-etil	1213	0,06	0,00	malte
Aldeídos				
2-metilbutanal	664	0,00	0,02	amêndoa, malte
Heptenal (2E)	954	0,00	0,09	-
2,3-Dihidroxiopropanal	1025	0,00	0,06	-
Octen-1-al (2E)	1049	0,00	0,05	-
Nonanal	1100	0,19	0,50	citrus, verde
Decenal (2E)	1263	0,00	0,13	verde
Ácidos carboxílicos				
Ácido acético	563	0,00	0,66	-
Ácido butanóico	772	0,67	4,56	queijo, ranço
Ácido hexanóico	967	31,99	35,46	pungente
Ácido heptanóico	998	0,00	48,28	-
2-metil ácido hexanóico	1027	3,51	0,66	-
2-metilpropil ácido hexanóico	1129	0,22	0,00	-
Ácido octanóico	1167	1,15	1,65	queijo

Tabela 4, continuação

Constituinte Volátil	Índice de Retenção	% Área Relativa da polpa	% Área Relativa da geleia (tempo 0)	Odor*
Ácido nonanóico	1267	0,00	0,10	verde, gordura
9-ácido decenóico	1359	0,00	0,06	-
Ácido decanóico	1364	0,24	0,05	ranço, gordura
1,2-ácido benzenedicarboxílico	1586	0,00	3,09	-
Cetonas				
2-propanona	-	2,50	0,36	-
2-butanona-3-hidroxi	652	0,08	0,52	-
Ésteres				
Acetato de etila	605	0,07	0,00	-
Butanoato de metila	659	0,08	0,00	maçã
Butanoato de etila	801	0,46	0,26	-
2-butenato de etila	843	0,04	0,00	-
Hexenoato de metila	965	0,08	0,00	fruta, doce
Hexanoato de etila	999	50,46	0,00	-
2-hexanoato de etila	1035	0,02	0,00	-
Hexenoato de etila	1044	0,13	0,00	-
Tertbutilpentanoato	1053	0,00	0,04	-
Propilhexanoato	1094	0,25	0,11	-
Octanoato de metila	1123	2,44	0,00	fruta, gordura
Hexanoato de butila	1190	1,40	0,24	-
Octanoato de etila	1195	2,47	0,17	-
Hexanoato de hexila	1385	0,30	0,07	-

Tabela 4, conclusão

Constituinte Volátil	Índice de Retenção	% Área Relativa da polpa	% Área Relativa da geleia (tempo 0)	Odor*
Éter				
Metoxietano	602	0,00	0,06	
Acetato 2-butoxietanol	1088	0,10	0,00	-
2-metoxi-2-metilpropanona	1135	0,00	0,04	-
Haleto orgânico				
Diclorometano	499	0,00	1,80	-
Outros				
Ocimene E beta	1044	0,19	0,00	citrus, herbal, flores.

(*)<http://www.flavornet.org/>

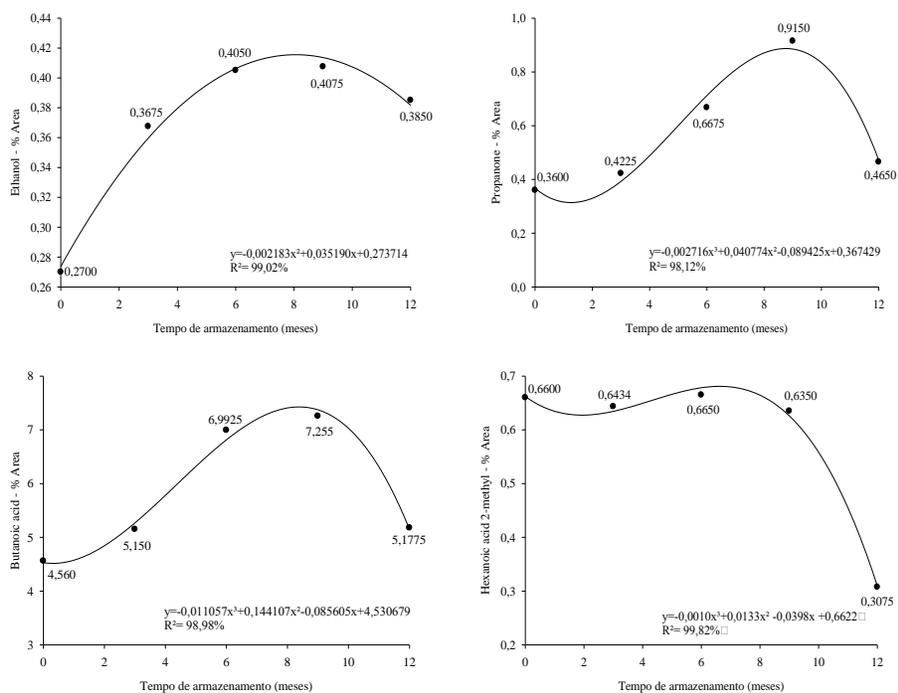


Figura 5 Comportamento durante o tempo de armazenamento ($p < 0,05$) dos compostos voláteis identificados por CG/MS da geleia de murici, armazenada à condição ambiente ($20,9^\circ\text{C} \pm 2,93$ e $69,3\% \text{UR} \pm 13,28$), por doze meses de armazenamento

(...continua...)

