

MARIANA FERREIRA OLIVEIRA PRATES

**POTENCIAL NUTRITIVO E COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS
DE CANJIQUEIRA: PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO**

CAMPO GRANDE

2012

MARIANA FERREIRA OLIVEIRA PRATES

**POTENCIAL NUTRITIVO E COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS
DE CANJIQUEIRA: PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Tecnologia e Saúde

Orientadora: Profa. Dra. Priscila Aiko Hiane

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Mendes Ramos Filho

CAMPO GRANDE
2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIANA FERREIRA OLIVEIRA PRATES

POTENCIAL NUTRITIVO E COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS DE CANJIQUEIRA: PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Doutor.

Resultado _____

Campo Grande (MS), _____, de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Priscila Aiko Hiane – Presidente
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Maria do Carmo Vieira
Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. José Antônio Braga Neto
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Luciana Miyagusku
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Maria Isabel Lima Ramos
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. Raquel Pires Campos - Suplente
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

DEDICATÓRIA

A **Deus**, quem me fortalece, pela vida de bênçãos e por me conduzir sempre por seus caminhos;

ao meu marido **Júlio Adolfo**, meu amor, por se dedicar a mim com amor, compreensão e carinho, e pelo apoio incondicional em todos os momentos;

aos meus pais, **Helena e Idivaldo**, de quem muito me orgulho, pelo precioso exemplo de amor, companheirismo e de querer ir além.

AGRADECIMENTOS

- À minha orientadora, **Prof.^a Priscila Aiko Hiane**, pela confiança em aceitar a orientação deste trabalho, pela orientação dedicada, compreensão, pela amizade e pelos ensinamentos que contribuíram para meu amadurecimento profissional. Muito obrigada.
- Ao meu co-orientador, **Prof. Manoel Mendes Ramos Filho**, pelos ensinamentos, pelo auxílio com as análises estatísticas e pela disposição de sempre em ajudar.
- À amiga **Raquel Pires Campos**, pela presença amiga e solidária, pelos ensinamentos e pelas horas de laboratório dedicadas a me ajudar e ensinar.
- Ao **Prof. José Antônio Braga Neto**, pelas contribuições feitas ao estudo, pela atenção e disposição em ajudar.
- Aos **professores e técnicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – IFMS**, em especial ao prof. Carlos Lehn, prof. Fernando Silveira, prof. Hygor Oliveira, Amarildo, Soray e Rafael pela ajuda no início dos experimentos com a identificação da espécie das Áreas de Pantanal e com a coleta dos frutos.
- À **Fazenda Novo Horizonte**, na pessoa dos senhores Cláudio e Sílvia, por permitirem a coleta dos frutos nas áreas de Pantanal pertencentes à propriedade rural e pelo auxílio na identificação das áreas para coleta.
- Aos **técnicos do laboratório e professores da Unidade de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – UFMS**, por auxiliarem na execução dos experimentos.
- Ao **Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste** pela oportunidade de realização do Doutorado.
- À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de vitamina C de alguns frutos do Pantanal.....	32
---	----

CAPÍTULO 1

Table 1 - Means and respective deviations of titratable acidity and soluble solids of canjiqueira fruits in six stages of maturity, just after harvest and at the end of shelf life.....	63
Table 2 - Total phenols, tannins, ascorbic acid and IC ₅₀ of unripe, maturing and ripe canjiqueira just after harvest and at the end of shelf life.....	65

CAPÍTULO 2

Table 1 - Physical characteristics of unripe and ripe canjiqueira fruits.....	79
Table 2 - Physicochemical changes with jelly processing of unripe and ripe canjiqueira fruits.....	80
Table 3 - Nutrients and antinutritional factors on fresh mass of <i>in natura</i> pulp and processed pulp of unripe and ripe canjiqueira fruits.....	82
Table 4 - Bioactive compounds and antioxidant activity of <i>natura</i> pulp and processed pulp of unripe and ripe canjiqueira fruits.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Árvore da canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss) de ocorrência em região de Cerrado rupestre (a) e planície alagada (b).....	15
Figura 2 - Frutos de canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss) em processo de maturação assincrônica.....	16
Figura 3 - Estrutura química de alguns compostos fenólicos (a – flavonóide, b – ácido fenólico).....	28
Figura 4 - Estrutura química do ácido ascórbico.....	31
Figura 5 - Estabilização do radical livre DPPH.....	34

CAPÍTULO 1

Figure 1 - Canjiqueira fruits at six maturity stages.....	60
Figure 2 - Fresh mass loss of <i>Byrsonima cydoniifolia</i> fruits in six stages of maturity under ambient conditions (24-26°C and relative humidity of 53.5-57.5%).....	62

CAPÍTULO 2

Figure 1 - Unripe canjiqueira fruit and jelly (A) and ripe canjiqueira fruit and jelly (B)....	80
--	----

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Frutos nativos do Pantanal.....	13
2.1.1 Canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss.).....	14
2.2 Qualidade de frutos na pós-colheita.....	16
2.3 Minerais.....	19
2.4 Fatores antinutricionais.....	20
2.4.1 Ácido fítico.....	21
2.4.2 Inibidores de proteases.....	22
2.4.3 Lectinas.....	22
2.5 Propriedades antioxidantes.....	23
2.5.1 Radicais livres.....	23
2.5.2 Compostos antioxidantes encontrados em frutos.....	25
2.5.2.1 Compostos fenólicos	26
2.5.2.2 Taninos.....	28
2.5.2.3 Ácido ascórbico.....	30
2.5.3 Determinação <i>in vitro</i> da atividade antioxidante.....	32
2.6 O processamento de frutos.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
3 OBJETIVOS.....	56
3.1 Objetivo geral.....	56
3.2 Objetivos específicos.....	56
CAPÍTULO 1 Quality index and Bioactive compounds on Postharvest of <i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss. Fruits: Effect of Maturity Stage.....	57
Abstract.....	57
INTRODUCTION.....	58
MATERIAL AND METHODS.....	59

Material.....	59
Methods.....	59
Statistical analysis.....	60
RESULTS AND DISCUSSION.....	60
CONCLUSIONS.....	67
ACKNOWLEDGEMENTS.....	68
Literature cited.....	68
CAPÍTULO 2 Nutritional potential and bioactive compounds of unripe and ripe canjiqueira (<i>Byrsonima cydoniifolia</i> A. Juss.) fruits as affected by jelly processing.....	72
ABSTRACT.....	72
RESUMO.....	73
INTRODUCTION.....	74
MATERIAL AND METHODS.....	75
Material.....	75
Mineral content.....	75
Jelly processing.....	76
Chemical characteristics.....	76
Proximate composition.....	76
Determination of trypsin inhibitor activity, lectins and phytic acid contents.....	77
Determination of ascorbic acid, total phenols, tannins and antioxidant activity.....	77
Statistical analysis.....	78
RESULTS AND DISCUSSION.....	78
Physical characteristics.....	78
Chemical changes.....	79
Nutrients and non nutrients.....	80
Bioactive compounds and antioxidant activity.....	82
Conclusions.....	85
Acknowledgements.....	85
References.....	85
PERSPECTIVAS FUTURAS.....	90
APÊNDICE A.....	91

RESUMO

Prates, M.F.O. Potencial nutritivo e compostos bioativos em frutos de canjiqueira: pós-colheita e processamento. Campo Grande; 2012. [Tese – Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

O objetivo do presente trabalho foi estudar as características físicas, químicas, os nutrientes, os fatores antinutricionais, os compostos bioativos e a atividade antioxidante de frutos de canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss), avaliando seu comportamento pós-colheita em função do estágio de maturação e o efeito do processamento para obtenção de geleia. Foram avaliados a massa, o diâmetro e o rendimento de polpa dos frutos, os índices de qualidade sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e perda de massa (PM), os macro e micronutrientes, os fatores antinutricionais ácido fítico (AF), inibidores de protease (IP) e lectinas, os níveis dos compostos bioativos ácido ascórbico (AA), compostos fenólicos (CF) e taninos e a atividade antioxidante (AAO) pelo método DPPH. No estudo da pós-colheita observou-se que a vida útil foi maior para os frutos de canjiqueira verdes, sendo a PM de 30% após seis dias de armazenamento ambiente. A AT reduziu, enquanto os SS aumentaram apenas para frutos nos estádios 4, 5 e 6. Os resultados indicam que os frutos de canjiqueira são climatérios, sendo os estádios 4 e 5 indicados para sua coleta. Os níveis de AA, CF, taninos e a AAO foram afetados pelo estágio de maturação dos frutos, sendo maiores nos frutos verdes do que nos maduros, e pelo amadurecimento ocorrido na pós-colheita. Os resultados indicam que os frutos recém colhidos, particularmente os verdes, possuem maior potencial em prevenir danos oxidativos à saúde. Dentre os minerais estudados os maiores níveis foram verificados para potássio, cálcio e magnésio em frutos verdes. Para avaliação do efeito do processamento nas características estudadas foram elaboradas geleias de canjiqueira verde e madura. O processamento afetou os níveis de todos os nutrientes, exceto de lipídeos. A umidade e o teor de proteínas reduziram, enquanto o valor energético aumentou devido à adição de sacarose. O AF detectado nos frutos frescos foi eliminado após o processamento e os níveis de IP foram reduzidos, especialmente na geleia de frutos verdes. Não foi verificada atividade de lectinas nas polpas e geleias estudados. Os níveis de AA, CF e taninos e a AAO dos frutos foram reduzidas após o processamento, sendo a retenção de compostos bioativos, em média, de 58% em geleia de frutos verdes e de 27% em geleia de frutos maduros. As propriedades antioxidantes da canjiqueira foram maiores nos frutos e geleia de frutos verdes, indicando maior potencial destes em prevenir danos oxidativos à saúde. É indicado o consumo de frutos de canjiqueira após o amadurecimento. O processamento de geleia se mostrou uma boa alternativa para o aproveitamento de frutos de canjiqueira devido à redução de fatores antinutricionais, à retenção de AA, CF, taninos e à manutenção da AAO dos frutos.

Palavras-chave: fatores antinutricionais, compostos fenólicos, ácido ascórbico, atividade antioxidante, Pantanal.

ABSTRACT

Prates, M.F.O. Nutritional potential and bioactive compounds of canjiqueira fruits: postharvest and processing. Campo Grande; 2012. [Tese – Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

The aim of this work was to study the physical and chemical characteristics, nutrients, antinutrients, bioactive compounds and the antioxidant activity of canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) fruits, evaluating their behavior in postharvest of fruits in different maturity stages and the effect of jelly processing. It were studied mass, diameter and pulp yield for fruits, the quality indexes soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH and fresh mass loss (FML), macro and micronutrients, the antinutritional factors phytic acid (PA), trypsin inhibitors (TI) and lectins, the bioactive compounds phenolic compounds (PC), ascorbic acid (AA) and tannins and the antioxidant activity (AOA) by DPPH assay. In the postharvest study it was observed that shelf life was higher for unripe canjiqueira fruits, presenting 30% of FML after six days of ambient storage. Levels of TA reduced, while SS increased for fruits in stages 4, 5 and 6. Results indicate canjiqueira are climacteric and stages of maturity 4 and 5 are indicated to canjiqueira harvest. Levels of AA, PC, tannins and AOA were affected by fruit maturity stage, being higher on unripe fruits than on ripe ones, and by ripening during the postharvest process. Results indicate that fruits just harvest, especially when unripe, have greater potential in preventing oxidative damage in health. Mineral content of fruits differ for unripe and ripe fruits, being higher on unripe ones. To evaluate the effect of processing on the parameters studied there were obtained jellies of unripe and ripe fruits. Among the minerals studied levels of potassium, calcium and magnesium stood out. Jelly processing affected levels of all nutrients, except for the lipids. Moisture and protein content reduced, while the energy value increased due to the sucrose addition. The PA found in fresh fruits was totally eliminated after jelly processing and levels of TI were reduced, especially on unripe fruit jelly. It wasn't observed lectin activity on fruits and jellies studied. Levels of AA, PC and tannins, and the AOA of fruits were all reduced after jelly processing, being the retention of bioactive compounds about 58% in unripe fruits jelly and 27% on ripe fruits jelly. IC₅₀ values increased with jelly processing. Antioxidant properties of canjiqueira were higher on unripe fruits and jelly, indicating that they have higher potential in prevents oxidative damages in health. The consumption of canjiqueira fruits is indicated when totally ripe. Jelly processing appear to be a good alternative to the use of canjiqueira fruits, due to the reduction of antinutritional factors, to the retention of AA, PC and tannins and to the maintenance of antioxidant capacity of fruits.

Key-words: antinutritional factors, phenolic compounds, ascorbic acid, antioxidant activity, Pantanal.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os diversos biomas do território brasileiro abrigam uma biodiversidade ainda pouco conhecida e explorada. O Pantanal é a maior planície inundável do planeta, reconhecida por sua biodiversidade em recursos genéticos animais e vegetais e unidades de paisagem (SANTOS et al., 2006). O desenvolvimento de projetos que valorizem a preservação das áreas do Pantanal e a utilização de suas espécies nativas é uma alternativa para incentivar a preservação do bioma.

A espécie *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss é uma Malpighiaceae popularmente conhecida como canjiqueira. É uma planta de porte arbustivo de 1 a 5 metros de altura que se desenvolve em regiões sob elevada incidência luminosa (POTT e POTT, 1994) ocorrendo tanto em áreas secas quanto em regiões sujeitas a inundações na época das chuvas. A espécie é muito abundante nas diversas áreas do Pantanal (SANTOS et al., 2008) sendo utilizada pela comunidade ribeirinha no preparo de sucos. Apresenta padrão assincrônico de frutificação que pode levar a comunidade ribeirinha a coletar frutos em estádios de maturação inadequados do ponto de vista químico, nutritivo e funcional ou quando o fruto não se encontra totalmente desenvolvido, o que pode reduzir o rendimento de polpa obtida.

O consumo de frutos tropicais no mundo tem aumentado, sendo que a cada dia aumenta a diversidade daquelas cujas propriedades e características ainda não foram totalmente estudadas (KUSKOSKI et al., 2005). Para que os frutos sejam utilizados, na forma *in natura* ou processada, é importante que se conheça suas características físico-químicas, sua composição em nutrientes e suas propriedades funcionais (DAMIANI, 2009).

Os frutos possuem aspectos de qualidade que vão definir seu grau de maturação e conservação, e podem indicar seu uso para tipos específicos de processamento. Seus atributos de qualidade envolvem um conjunto de características como doçura, aparência, firmeza, sabor, valor nutritivo e funcional, que são decorrentes de componentes químicos, propriedades mecânicas e da presença ou não de defeitos. A qualidade de um produto de origem vegetal é atingida num determinado grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento em que a combinação de atributos físicos e químicos garante o máximo de aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para o aproveitamento alimentar dos frutos é necessário conhecer seu valor nutritivo. Os produtos de origem vegetal em geral são fontes importantes de nutrientes essenciais, entre eles os minerais que desempenham uma função vital no desenvolvimento e boa saúde do corpo humano (FRANCO, 2004). É importante, ainda, estudar a presença de fatores

antinutricionais, substâncias que interferem na utilização dos alimentos, diminuindo seu valor nutritivo, sua digestibilidade e a biodisponibilidade dos nutrientes (SANDBERG, 2002).

Novas pesquisas têm sido publicadas associando o consumo de frutos a efeitos benéficos à saúde humana, como a incidência de doenças degenerativas (LEONG e SHUI, 2002), sendo os efeitos protetores relacionados à presença de substâncias fisiologicamente ativas, como carotenóides, vitaminas, compostos fenólicos e minerais (MORAES e COLLA, 2006).

Os antioxidantes ingeridos na dieta, como a vitamina C, os compostos fenólicos e carotenóides, podem impedir a carcinogênese pelo fato de sequestrarem os radicais livres e impedirem a ligação dos carcinógenos ao DNA (VALKO et al., 2006). Muitos estudos têm sido realizados pela busca de novas fontes naturais de compostos antioxidantes, tanto pelo aproveitamento como alimentos funcionais quanto pelo fornecimento de compostos nutraceuticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

O estudo de alternativas para o processamento de frutos nativos pode contribuir para agregar valor aos mesmos, contribuindo para a renda de comunidades locais.

O processamento de alimentos objetiva retardar a atividade microbiana e as alterações químicas que podem influenciar a qualidade dos alimentos, porém dependendo da severidade do tratamento térmico algumas características podem ser modificadas. As modificações podem ser desejáveis, como a destruição de fatores antinutricionais e a criação de aromas, ou indesejáveis, como a perda de vitaminas e de cor e mudanças na textura (BRECHT et al., 2008).

Neste estudo foram avaliadas características físicas e químicas, macro e micronutrientes, fatores antinutricionais, compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos da espécie do Pantanal canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) em função de seu estágio de maturação, avaliando o comportamento desses parâmetros na pós-colheita à temperatura ambiente e o efeito do processamento sobre essas características.

Com os resultados obtidos espera-se identificar o ponto ótimo de maturação dos frutos e propor forma de agregar valor aos mesmos para potencializar sua utilização como alimento ou como ingrediente funcional, contribuindo para a valorização de produtos regionais e para a conservação do bioma Pantanal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Frutos nativos do Pantanal

O Brasil possui, distribuídas em seus diferentes biomas, aproximadamente trinta por cento das espécies de plantas conhecidas em todo o mundo, apresentando-se como o país detentor da maior diversidade biológica do planeta (ÁVIDOS e FERREIRA, 2003).

Os diversos biomas do território brasileiro abrigam uma biodiversidade ainda pouco conhecida e explorada. O Pantanal é a maior planície inundável do planeta, reconhecida por sua riqueza em recursos genéticos animais e vegetais e unidades de paisagem. Essa região tem cedido espaço há mais de 200 anos para atividades agrosilvipastoris, principalmente a pecuária bovina de corte. Para aumentar a conservação do local é importante otimizar o uso dos recursos naturais, assegurando a manutenção da biodiversidade e resiliência dos ecossistemas (SANTOS et al., 2006).

O Pantanal possui cerca de 1800 espécies de plantas, distribuídas em paisagens florestadas, gramíneo-lenhosas, campestres e aquáticas. A predominância da bovinocultura de corte inviabiliza o desenvolvimento sustentável da região, concentrando os ganhos econômicos nas mãos de pecuaristas (SANTOS et al., 2009). Segundo Machado e Aguiar (2010) uma alternativa que pode contribuir para a conservação da biodiversidade é o uso de incentivos fiscais para produtores rurais envolvidos na conservação das espécies nativas.

Há uma tendência de aumento de atividades de turismo rural, científico e de aventura no Pantanal, gerando a necessidade de informações sobre plantas úteis para fins alimentícios ou outros (POTT e POTT, 2004). Para Bortolotto (1999) o desenvolvimento de trabalhos sobre a utilização dos frutos nativos do Pantanal pode ainda auxiliar no resgate da cultura regional, pois o conhecimento sobre as plantas nativas tem sido perdido em decorrência de mudanças culturais.

A constante exploração da região do Pantanal para o turismo de pesca vem causando a extinção de algumas espécies de peixes e prejudicando a atividade que é responsável por gerar renda para a população ribeirinha. O extrativismo de frutos nativos é uma alternativa que pode contribuir para a geração de renda das famílias, pela comercialização dos frutos, além de diversificar a alimentação da população.

Ha um mercado potencial e crescente para o uso de frutíferas nativas, porém pouco explorado pelos agricultores. Várias espécies frutíferas estão sendo estudadas atualmente, e a

maioria é totalmente silvestre e não-domesticada (RIBEIRO e RODRIGUES, 2006). Para o aproveitamento dessas espécies a sugestão é agregá-las a receitas tradicionais de consumo, facilitando sua utilização na alimentação.

A inclusão de alimentos regionais na dieta da população pode ser uma forma econômica e sustentável de prevenção contra a desnutrição e outras patologias associadas à alimentação (MARIN, 2006).

A utilização de espécies de frutos nativos na dieta se apresenta como uma alternativa para o consumo tanto *in natura* e como matéria prima para a indústria e contribui para o desenvolvimento sócio-econômico, constituindo uma nova fonte de alimentos e de riqueza para o país (LIRA JUNIOR et al., 2005).

O desenvolvimento de projetos que valorizem a preservação das áreas do Pantanal e a utilização de suas espécies nativas é uma alternativa para incentivar a preservação do bioma e a utilização das espécies pelas comunidades rurais de forma sustentável.

2.1.1 Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.)

A espécie *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (Malpighiaceae), popularmente conhecida como canjiqueira ou canjição, é uma planta de porte arbustivo de 1 a 5 metros de altura que se desenvolve em regiões sob elevada incidência luminosa. É considerada invasora de pastagens nativas na região do Pantanal e é tolerante a queimadas, exceto quando jovem (POTT e POTT, 1994). Suas folhas são verde claras, sendo mais claras na parte inferior.

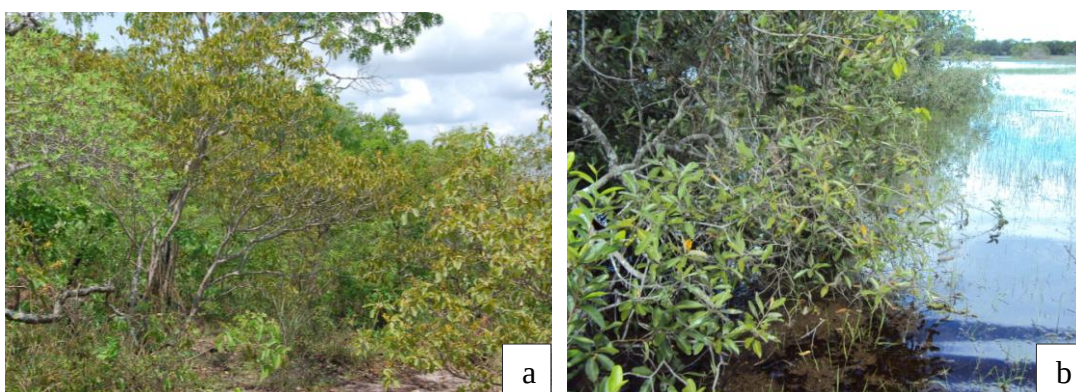


Figura 1 – Árvore da canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss) de ocorrência em região de Cerrado rupestre (a) e planície alagada (b).

A espécie é muito comum no Pantanal, onde é encontrada em diferentes condições ecológicas (Figura 1), em bordas de cordilheiras, capão, campo e cerrado, ocorrendo tanto em áreas secas quanto em regiões sujeitas a inundações na época das chuvas (SANTOS et al., 2008).

A espécie frutifica de setembro a março e ocorre no Pantanal formando grandes aglomerados, chamados canjiqueirais, o que favorece a colheita de frutos por comunidades rurais (DAMASCENO JÚNIOR e SOUZA, 2010). Os frutos apresentam coloração amarela ou alaranjada quando maduros (Figura 2).



Figura 2 - Frutos de canjiqueira (*Byrsonima cydoliifolia* A. Juss) em processo de maturação assincrônica.

A canjiqueira apresenta padrão assincrônico de floração e frutificação (Figura 2), iniciada mais tardiamente em áreas secas, como em regiões de cerrado rupestre. Esse assincronismo pode levar a comunidade ribeirinha a coletar frutos em estádios de maturação inadequados do ponto de vista químico e nutritivo ou quando o fruto não se encontra totalmente desenvolvido, o que pode reduzir o rendimento de polpa obtida.

A planta é uma espécie forrageira e tem potencial para curtume por possuir casca com oxalato de cálcio e tanino (POTT e POTT, 1994). A casca do fruto é fonte de taninos, compostos presentes em vegetais responsáveis pelo sabor adstringente que tem sido utilizado pela cultura popular na cicatrização de ferimentos, contra infecções intestinais e no tratamento de erisipela (POTT et al., 2004). A canjiqueira fornece alimento para a fauna e o fruto é utilizado por moradores locais para elaboração de sucos (SANTOS et al., 2009).

Para os frutos o estágio de maturação é um parâmetro de grande importância no momento da colheita, pois é determinante para o conteúdo de açúcar da polpa (VILLANUEVA et al., 2004), um importante índice comercial. Frutos colhidos antes da

maturação não atingem bons níveis de conteúdo de açúcar. Por outro lado, a colheita de frutos totalmente maduros pode reduzir a qualidade dos frutos no transporte e armazenamento.

Até recentemente utilizava-se para a espécie canjiqueira o nome científico *Byrsonima orbignyana* A. Juss. Entretanto, após recente trabalho de revisão taxonômica, *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. é o nome científico corrente para essa espécie (MAMEDE, 2012).

Há relatos na literatura sobre a caracterização da madeira de *Byrsonima cydoniifolia* (MARCHESAN et al., 2006), distribuição da planta em área do Pantanal do Estado de Mato Grosso (NUNES et al., 2004), sistema reprodutivo e polinização da espécie (SAZAN, 2010). No entanto, não há relatos a respeito de seu potencial nutritivo e do teor de compostos bioativos desse fruto, nem do efeito da maturação sobre essas características. Essas informações podem agregar valor à espécie, contribuindo para aumentar seu consumo e incentivar a comercialização.

2.2 Qualidade de frutos na pós-colheita

Os frutos de canjiqueira possuem aspectos de qualidade que vão definir seu grau de maturação e conservação, e podem indicar seu uso para tipos específicos de processamento.

Os atributos de qualidade dos frutos envolvem um conjunto de características como doçura, aparência, firmeza, sabor, valor nutritivo e funcional, que são decorrentes de componentes químicos, propriedades mecânicas e da presença ou não de defeitos. A qualidade de um produto de origem vegetal é atingida num determinado grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento em que a combinação de atributos físicos e químicos garante o máximo de aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Durante o período de amadurecimento de frutos ocorrem transformações de ordem física e química, como mudança de cor, redução da firmeza de polpa, aumento dos teores de sólidos solúveis e diminuição da acidez. Tais indicadores servem como parâmetro de qualidade dos frutos (FERREIRA, 2004). Para identificar o ponto correto de colheita é importante conhecer os índices de maturação dos frutos. Esses índices envolvem parâmetros físicos e químicos que são alterados durante o processo de amadurecimento e indicam a qualidade na pós-colheita (KLUGE et al., 2002).

O tamanho é um atributo que influencia a escolha do fruto pelo consumidor, as práticas de manuseio, o armazenamento, a seleção de mercado e o destino final (consumo *in*

natura ou industrializado) (CHITARRA e CHITARRA, 2005), podendo ser afetado de acordo com fatores nutricionais e ambientais da planta (CHITARRA e CHITARRA, 2006). O tamanho dos frutos influencia diretamente o rendimento de polpa, um atributo muito valioso para as indústrias de processamento (PAIVA et al., 2003).

Os frutos em geral contêm alto teor de água. No período pós-colheita a umidade dos frutos é perdida por transpiração para o ambiente, o que resulta na perda de massa e, caso ocorra em níveis mais severos, pode comprometer a aparência de fruto devido ao murchamento (PFAFFENBACH, 2003).

Os sólidos solúveis (SS) são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade dos frutos (KLUGE et al., 2002), pois representa seu conteúdo em açúcares. Seu teor aumenta com o processo de maturação dos frutos devido à degradação de polissacarídeos em açúcares. O teor de SS é importante tanto para o consumo *in natura* quanto para o destino tecnológico já que, quanto maior for esse índice, menor a adição de açúcar e menor tempo de evaporação da água, resultando em maior economia no processamento industrial (LUCENA, 2006).

Os açúcares solúveis presentes nos frutos, seja de forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura e *flavor*, por meio de balanço com os ácidos, e são importantes fontes energéticas. A acidez constitui fator de grande importância para o sabor e aroma dos frutos e é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos dissolvidos nas células, tanto na forma livre como combinada (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os ácidos são utilizados como fonte de energia durante o processo de maturação dos frutos, sofrendo oxidação no ciclo de Krebs, logo é esperada a redução de seu conteúdo durante o amadurecimento. Os ácidos predominantemente encontrados em frutos são cítrico, málico, tartárico, acético e oxálico (CECCHI, 2003).

O balanço açúcares/ácidos, expresso pela relação sólidos solúveis/acidez titulável, indica o grau de doçura dos frutos, sendo um índice muito importante na determinação da maturação dos mesmos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os níveis de acidez dos frutos também são indicativos de seu estado de conservação. A decomposição dos frutos, seja por hidrólise, fermentação ou oxidação, tende a alterar a concentração de íons de hidrogênio (SANTOS et al., 2009). Vallilo et al. (2007) estudaram frutos de murici (*Byrsonima verbascifolia*) e encontraram acidez de 0,8 g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

A medida do pH, determinada por potenciômetro, representa o inverso da concentração de íons de hidrogênio em um certo material (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O ácido ascórbico pode ser encontrado em uma grande variedade de frutos, sendo o ácido L-ascórbico o componente principal, com 100% de atividade de vitamina C. A oxidação do ácido L-ascórbico resulta na produção de ácido L-dehidroascórbico, menos estável mas com a mesma atividade biológica da vitamina C. Essa conversão ocorre de forma mais lenta quando em meio ácido. O ácido ascórbico não é sintetizado pelo organismo, sendo indispensável sua ingestão por meio do consumo de frutos que são ricos nesse composto (COULTATE, 2004). Danos mecânicos, apodrecimento e a senescência contribuem para a oxidação do ácido ascórbico, reduzindo seu teor na polpa de frutos (JACOMINO et al., 2008).

Os compostos fenólicos são amplamente distribuídos na natureza, tendo como característica a presença de um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas ligados (MALACRIDA e MOTTA, 2005). Sua presença nos alimentos está relacionada à sua ação antioxidante, reagindo diretamente com os radicais livres causadores de danos no organismo (PODSEDEK, 2007).

O processo de maturação de frutos aumenta a atividade de enzimas polifenol oxidases, podendo ocasionar a oxidação de compostos fenólicos. Por esse motivo a redução nos níveis de compostos fenólicos indica a maturidade dos frutos (BRANDÃO et al., 2011).

Os taninos são uma classe de compostos fenólicos, derivados do metabolismo secundário de plantas (GUIMARÃES-BEELEN et al., 2006). Esses compostos desempenham um papel importante na saúde, estando relacionados com várias propriedades biológicas (ZAREI et al., 2011), porém sua presença nos alimentos pode causar características indesejáveis como a adstringência (LESSCHAEVE e NOBLE, 2005). Os taninos não polimerizados apresentam maior adstringência. Durante a maturação eles são convertidos em formas condensadas, o que explica a redução da adstringência com o amadurecimento dos frutos (AQUARONE et al., 1983).

Informações a respeito da composição química dos alimentos são essenciais para a nutrição humana e contribuem para o controle de qualidade dos alimentos (GALHO et al., 2007).

Não há dados na literatura sobre o ponto ótimo de maturação para coleta de frutos de canjiqueira a fim de otimizar as características químicas, nutricionais e funcionais da espécie em questão. Os critérios sensoriais são tomados como base para definir a coleta dos frutos, tendo como referência a experiência das comunidades ribeirinhas do Pantanal. A coleta fora do ponto ótimo de desenvolvimento e maturação pode provocar o consumo de frutos com teores reduzidos de nutrientes e compostos bioativos/antioxidantes. Por esse motivo torna-se

importante definir as características de qualidade dos frutos de canjiqueira em função do estágio de maturação.

2.3 Minerais

Os minerais, chamados de fração cinza ou resíduo mineral fixo, são compostos por todos os elementos com exceção daqueles que se unem para formar moléculas orgânicas (C, H, N, O). Seu teor nos alimentos é função das características do solo, das espécies, variedades e do processamento. Esses elementos essenciais são divididos em macrominerais, quando estão presentes no tecido animal em maiores quantidades e a ingestão diária está acima de 100 mg/dia, e microminerais, quando presentes em menores quantidades e a ingestão diária está abaixo de 100 mg/dia (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002). São exemplos de macrominerais o cálcio, fósforo, magnésio, enxofre, sódio e potássio. São microminerais o ferro, zinco, cobre, selênio, iodo e manganês (PEDROSO, 2003).

Os minerais são elementos inorgânicos amplamente distribuídos na natureza desempenhando uma variedade de funções metabólicas no organismo, como íons dissolvidos ou como constituintes de compostos essenciais (KREBS, 2001).

A disponibilidade biológica dos minerais depende de fatores como a natureza química do elemento em questão, de sua capacidade de complexar com outras substâncias contidas nos alimentos, da natureza química do composto formado e da competição dos elementos pelo mesmo sítio ou mecanismo de absorção (DAMIANI, 2009).

Frutos são fontes importantes de nutrientes essenciais, entre eles os minerais que desempenham uma função vital no desenvolvimento e boa saúde do corpo humano. Os minerais são essenciais a manutenção de várias funções de importância fisiológica como na contração muscular, na função dos nervos, na coagulação sanguínea, nos processos digestivos e no equilíbrio acidobásico (FRANCO, 2004).

São funções específicas de alguns minerais no organismo (SOBOTKA, 2008):

- cálcio: contração muscular, secreção hormonal e participação em processos metabólicos;
- sódio: agente osmótico do sangue, plasma e fluidos celulares;
- potássio: principal cátion intracelular responsável por funções como transmissão nervosa, contratilidade cardíaca e tonicidade intracelular;
- zinco: síntese protéica e controle da diferenciação das células;

- cobre: ação antioxidante e síntese de colágeno e elastina;
- magnésio: atuação essencial em processos enzimáticos, metabolismo de vitamina D e estabilidade da membrana celular;
- ferro: transporte de oxigênio e elétrons;
- manganês: ação antioxidante.

A pesquisa de minerais em novas fontes alimentícias tem sido alvo de estudos nos últimos anos. Acredita-se que muitos problemas de saúde estão relacionados à insuficiência de determinados micronutrientes, ou são por ela agravados. Estudo demonstrou que os frutos são ricos em minerais, vitaminas A e C, fibras e vários fitoquímicos (MILTON, 2003).

Alguns autores determinaram o teor de minerais em frutos do Pantanal. Caldeira et al. (2004) determinaram o teor de minerais em frutos de araçá (*Psidium guineense*) e tarumã (*Vitex cymosa*) observando que o primeiro fruto apresentou maior quantidade de cálcio, magnésio, manganês e cobre que o segundo, que por sua vez apresentou teores mais elevados de fósforo, potássio e ferro. Ramos et al. (2008) analisaram o fruto de bocaiúva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)) quanto ao teor de minerais e verificaram que a maior concentração encontrada foi de potássio, cálcio e fósforo. No estudo do teor de minerais em amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) realizado por Vera et al. (2009) foi observado altos teores de potássio, enxofre, ferro e fósforo. No entanto, não há trabalhos publicados a respeito do estudo de minerais nos frutos da canjiqueira.

2.4 Fatores antinutricionais

Os fatores antinutricionais (não convencionais) são substâncias que interferem na utilização dos alimentos, diminuindo seu valor nutritivo, sua digestibilidade e a biodisponibilidade dos nutrientes (SANDBERG, 2002). Eles diminuem a eficiência do metabolismo, reduzindo a utilização dos nutrientes (SGARBIERI, 1996).

Estes antinutrientes podem afetar a utilização e digestão de proteínas (inibidores de protease, taninos e lectinas), a utilização de minerais (fitatos, gossipol, oxalatos, glucosinolatos), podem ser antivitaminas ou fatores variados como alcalóides, saponinas, nitratos, fitoestrógenos e outros (FRANCIS et al., 2001).

Os produtos de origem animal são considerados boas fontes dietéticas de minerais, porém, devido ao maior custo de obtenção comparado com os produtos de origem vegetal, muitas vezes a população opta por dietas à base de cereais e de hortaliças. No entanto, devido

à presença de antinutrientes, a biodisponibilidade desses compostos é menor nos produtos de origem vegetal, resultando em deficiências desses nutrientes. A utilização de métodos de degradação dos fatores antinutricionais nos alimentos resulta no aumento da biodisponibilidade de minerais (CHEN, 2004).

Os fatores antinutricionais podem estar presentes nos alimentos em quantidades distintas, dependentes da espécie, variedade, parte da planta utilizada, das condições ambientais e de cultivo, entre outros (GRAF, 1983). Os danos causados à saúde são função da concentração dos compostos nos alimentos, da interação com outros nutrientes, do efeito do processamento e do estado de saúde e nutricional do indivíduo (SILVA e SILVA, 2000).

Os antinutrientes podem ser termolábeis, incluindo inibidores de protease, fitatos, lectinas, tireotoxinas e antivitaminas, não resistindo a processos térmicos (tratamento mais utilizado para destruí-los). As saponinas, proteínas antigênicas, estrógenos e alguns compostos fenólicos são considerados estáveis ao calor (FRANCIS et al., 2001).

2.4.1 Ácido fítico

O ácido fítico é um composto de ocorrência natural em certos alimentos, presente de forma abundante em cereais e hortaliças, sendo a principal forma de armazenamento de fósforo em cereais, hortaliças e nozes (BOSSCHER et al., 2001). Em cereais o teor de ácido fítico varia entre 0,5 a 2,0% (OKAZAKI e KATAYAMA, 2005).

O ácido fítico, ou mio-inositol hexafosfato ($C_6H_{18}O_{24}P_6$), é uma molécula carregada negativamente, apresentando elevada capacidade de formar complexos com moléculas carregadas positivamente como cátions mono e divalentes e proteínas. A interação com as proteínas é dependente do pH, já com os cátions é exclusivamente devido aos numerosos grupos fosfatos (MAGA, 1982).

Esse composto é capaz de reduzir a biodisponibilidade de minerais como cálcio, ferro e zinco, devido a sua capacidade de se ligar aos mesmos, e de formar complexos com proteínas reduzindo a disponibilidade de aminoácidos (CHEN, 2004).

Contrários às características antinutricionais observadas para taninos e ácido fítico, estudos revelam que ambos apresentam propriedades antioxidantes, coadjuvantes no tratamento de doenças crônicas não transmissíveis (GERMANO, 2011). O ácido fítico atua na prevenção do câncer de intestino grosso devido ao seu efeito quelante de ferro, que ao indisponibilizar este nutriente reduz a produção de espécies reativas de oxigênio, associadas

ao desenvolvimento do câncer. De certa forma, o efeito antinutricional do ácido fítico pode ser considerado protetor (GRAF e EATON, 1993).

2.4.2 Inibidores de proteases

Os inibidores de proteases são proteínas globulares que se ligam irreversivelmente à tripsina e/ou quimiotripsina formando complexos que inativam a atividade proteolítica das enzimas, reduzindo a proteólise e o valor nutricional dos alimentos (BONETT et al., 2007). Inibidores de tripsina e quimiotripsina são os inibidores de proteases mais encontrados em alimentos de origem vegetal (VADIVEL e JANARDHAN, 2001).

Os inibidores de tripsina e quimiotripsina são capazes de inibir algumas enzimas envolvidas na cascata de coagulação ou outras serino-proteinases de importância fisiológica (RITT, 2001).

A estabilidade térmica desses compostos é dependente de fatores como temperatura, tempo e modo de aquecimento, do tamanho das partículas e das condições de umidade da amostra (CARVALHO et al., 2002).

2.4.3 Lectinas

As lectinas são moléculas protéicas amplamente distribuídas na natureza, presentes em alimentos de origem animal e vegetal. Elas são capazes de se unir de forma irreversível a carboidratos, tendo ação antinutricional (BONETT et al., 2007).

Elas podem ser utilizadas no transporte e armazenamento de açúcares e no reconhecimento de células cancerosas. Dependendo da fonte alimentar podem ser tóxicas, pois ao se unirem aos carboidratos das células epiteliais intestinais causam redução da absorção do nutriente no trato digestivo, provocando perda de peso e alteração da microbiota intestinal (SGARBIERI, 1996).

A ingestão de lectinas pode acarretar alterações macroscópicas em órgãos importantes e no metabolismo de animais, sendo a hiperplasia e a hipertrofia do intestino uma das alterações mais significantes causadas pelas lectinas (SEENA et al., 2005).

Alguns autores estudaram a presença de fatores antinutricionais em frutos nativos. Barbosa (2006) estudou fatores antinutricionais na amêndoa de bacuri e não encontrou

lectinas ou inibidores de proteinases. Hiane et al. (2006) estudaram a presença de inibidores de protease e de lectina na amêndoa de bocaiuva, verificando ausência de inibidores de tripsina ou quimiotripsina e níveis reduzidos de lectina. Em estudo sobre fatores antinutricionais em frutos de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), Lima et al. (2008) encontraram 1,58 UIT (Unidade de Tripsina Inibida) mg^{-1} de polpa (massa seca), não sendo verificada atividade hemaglutinante na polpa dos frutos.

Os estudos com frutos do Pantanal demonstram a riqueza da região em variedade e em valor nutritivo destes, indicando o potencial de utilização dos frutos na melhoria da alimentação e na geração de renda para a população nativa. No entanto, ainda são escassas as informações sobre a composição em minerais e a presença de fatores antinutricionais, sobretudo da espécie frutífera canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.).

2.5 Propriedades antioxidantes

2.5.1 Radicais livres

A oxidação nos sistemas biológicos ocorre devido à formação de radicais livres no organismo. Um radical livre é qualquer átomo, grupo de átomos ou molécula com elétron não-pareado ocupando uma órbita externa (DROGE, 2002). São instáveis e altamente reativos. Na busca pela estabilidade, sequestram elétrons de outras moléculas causando danos biológicos potenciais como a oxidação do LDL, o que pode aumentar o risco de aterosclerose, danos ao DNA, proteínas e outros componentes da membrana celular, originando aberrações cromossômicas e neoplasias (PIMENTEL et al., 2005).

Os radicais livres podem ser formados por via endógena ou exógena: naturalmente durante o metabolismo celular, durante a prática de exercícios físicos e exposição da pele aos raios solares ou por exposição ao tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações (SOARES, 2002).

Quando a geração de radicais livres é maior que sua degradação por ação de agentes antioxidantes, ocorre um desequilíbrio no organismo denominado estresse oxidativo, cujos danos causados dependem da extensão, duração e tipo de agente oxidante em ação (SIES et al., 1979). Dietas deficientes no fornecimento de antioxidantes naturais podem gerar estresse oxidativo e aumentar a produção dessas substâncias (PINCEMAIL, 2006).

O estresse oxidativo tem sido associado ao desenvolvimento de doenças crônicas e degenerativas, como o câncer, *Alzheimer*, doenças cardíacas e envelhecimento precoce (ROESLER et al., 2007).

As células humanas dependem de certa capacidade antioxidante para fornecer proteção contra os efeitos prejudiciais de radicais livres e espécies reativas do oxigênio, consequências inevitáveis da vida aeróbica. Para adquirir proteção eficiente o organismo dispõe de um sistema de defesa integrado que consiste em compostos antioxidantes (como vitaminas A, C e E, carotenóides, flavonóides), oligoelementos (cobre, zinco e selênio) e enzimas (superóxidodismutases, catalases, glutathione peroxidases) que degradam os substratos oxidativos (McLEAN et al., 2005). Esses compostos são denominados antioxidantes.

Compostos antioxidantes são capazes de retardar ou impedir danos causados pelo processo oxidativo deteriorativo, seja nos alimentos (como rancificação e formação de *off-flavor*) ou no organismo humano (doenças degenerativas). Eles podem ser naturais ou sintéticos e nutrientes ou não-nutrientes (MANCINI e MANCINI-FILHO, 2005).

O estresse oxidativo poderia ser evitado ou minimizado pela ingestão de frutos ricos em antioxidantes endógenos. No entanto, alguns estudos epidemiológicos demonstram que mais de 20% da população dos países ricos não consomem esses alimentos, tendo dietas pobres do ponto de vista antioxidante. O potencial de cada indivíduo na prevenção do estresse oxidativo está condicionado aos hábitos de vida e a fatores genéticos. Nesse contexto, bons hábitos alimentares desempenham papel importante na prevenção de danos celulares. O corpo humano é capaz de produzir alguns antioxidantes endógenos, mas a maioria é adquirida pela ingestão desses alimentos (PINCEMAIL, 2006).

Os antioxidantes ingeridos na dieta, como a vitamina C, os compostos fenólicos e carotenóides, podem impedir a carcinogênese pelo fato de sequestrarem os radicais livres e impedirem a ligação dos carcinógenos ao DNA. Estudos têm demonstrado que o consumo de frutos ricos em compostos fenólicos tem efeito benéfico na redução do risco de alguns vários tipos de câncer (VALKO et al., 2006).

Muitos estudos têm sido realizados pela busca de novas fontes naturais de compostos antioxidantes, tanto pelo aproveitamento como alimentos funcionais quanto pelo fornecimento de compostos nutracêuticos (ANDRADE-WARTHA, 2007).

O tema ‘antioxidantes naturais’ tem sido estudado em todo o mundo devido às propriedades funcionais desses compostos, sendo destaque dos pesquisadores da área da Ciência dos Alimentos (LIMA, 2008). A busca de substitutos naturais para os antioxidantes

sintéticos tem aumentado o número de pesquisas sobre alimentos de origem vegetal fontes potenciais dessas substâncias (DAMIANI, 2009).

2.5.2 Compostos antioxidantes em frutos

Os alimentos, especialmente frutos e hortaliças, fornecem, além dos macro e micronutrientes, compostos com intensa atividade biológica. Esses compostos são chamados de bioativos e são responsáveis por diversos benefícios à saúde humana (CARRATU e SANZINI, 2005). Estão presentes em alimentos de origem animal (peixes de águas frias) e vegetal (cereais, oleaginosas, frutos e hortaliças).

O Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define alimentos funcionais como “todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999a).

A alegação da propriedade funcional de um alimento é relativa ao papel metabólico ou fisiológico que uma substância bioativa tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções no organismo (BRASIL, 1999b). Para isso a RDC N°2/2002 define substâncias bioativas como os nutrientes ou não nutrientes presentes em fontes alimentares que possuem ação metabólica ou fisiológica específica, comprovada e segura para o consumo humano (BRASIL, 2002).

Essas substâncias não são consideradas nutrientes e se destacam por afetar as atividades celulares e fisiológicas de modo a promover benefícios à saúde. Elas podem agir como antioxidantes, inibidores e indutores de enzimas e da expressão de genes (KRIS-ETHERTON et al., 2002).

Para Lajolo (2005) alimentos funcionais são aqueles consumidos usualmente na dieta e capazes, além de nutrir, de provocar efeitos metabólicos ou fisiológicos benéficos ao organismo, podendo auxiliar na redução do risco de doenças crônico-degenerativas. Para que uma substância seja assim classificada, o efeito benéfico à saúde deve ser comprovado (KRIS-ETHERTON et al., 2002).

Os efeitos benéficos de dietas ricas em frutos e hortaliças são atribuídos a uma série de compostos bioativos com estruturas químicas e, conseqüentemente, funções biológicas variadas. A presença em alimentos do reino vegetal, seu baixo peso molecular e sua ação

protetora na saúde humana são características comuns a esses compostos (LAJOLO e HORST, 2009).

Vegetais são os alimentos que mais contribuem na ingestão de compostos bioativos, sendo particularmente ricos em vitaminas (A, C e E), oligoelementos e compostos fenólicos. Estudos demonstram que a ingestão diária de 5 porções de vegetais suprem as necessidades recomendadas desses compostos (PINCEMAIL, 2006).

O tipo e teor de compostos com atividade antioxidante nos frutos é função de fatores intrínsecos (como cultivar, variedade e estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas). Por outro lado, a eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO et al., 2008).

Hiane et al. (2003) determinaram o efeito do processamento no teor de carotenóides pró-vitamínicos A e a composição em ácidos graxos do fruto e da farinha de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.), sendo verificado perda de 37% de carotenóides após a elaboração da farinha do fruto. Os principais ácidos graxos encontrados foram ácido oléico (52,9%) e palmítico (17,13%).

Hiane et al. (2006) avaliaram a qualidade nutricional *in vivo* das proteínas da amêndoa de bocaiuva, encontrando alto valor biológico (81%). Ramos et al (2008) estudaram a composição centesimal, de minerais e de carotenóides da polpa de bocaiúva e concluíram que o fruto é rico em β -caroteno ($49 \mu\text{g g}^{-1}$) e dos minerais potássio ($766,37 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e cálcio ($61,96 \mu\text{g}/100 \text{ g}$).

No estudo da amêndoa do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.), Barbosa (2006) determinou sua composição em aminoácidos e a digestibilidade *in vivo* de suas proteínas. Os aminoácidos treonina e lisina foram os mais limitantes, sendo que a concentração de todos os aminoácidos diminuiu com o tratamento térmico. A digestibilidade protéica encontrada foi de 82,87%.

2.5.2.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, englobam de moléculas simples a estruturas com alto grau de polimerização, e estão amplamente distribuídos no reino vegetal (SOARES et al., 2008). São metabólitos secundários geralmente envolvidos em defesa contra radiações UV ou agressões de patógenos a plantas (SCALBERT et al., 2005).

Os compostos fenólicos, ou polifenóis, envolvem um amplo e numeroso grupo de moléculas encontradas em alimentos de origem vegetal. Nas plantas, exercem função de defesa contra micro-organismos e insetos, pigmentação e são responsáveis por atributos sensoriais dos alimentos (LAJOLO e HORST, 2009).

São amplamente distribuídos na natureza, sendo que sua maior concentração é encontrada em frutos, hortaliças e seus derivados. Os distintos alimentos de origem vegetal contem diferentes tipos de compostos fenólicos em concentrações muito variáveis (SOARES, 2002).

Eles dividem-se em flavonóides, derivados dos ácidos cafeicos e p-cumárico hidroxi cinamatos, e não-flavonóides, derivados do ácido hidroxibenzóico, gálico e elágico (MELO e GUERRA, 2002). Mais de 6000 estruturas diferentes já foram identificadas (AHERNE e O'BRIEN, 2002). Na Figura 3 pode-se observar a estrutura química de alguns compostos fenólicos.

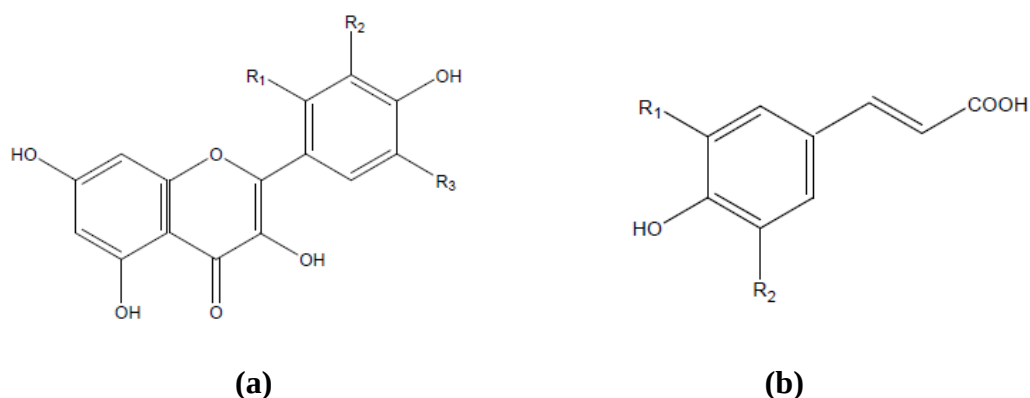


Figura 3 - Estrutura química de alguns compostos fenólicos (a – flavonóide, b – ácido fenólico).

Fonte: AHERNE e O'BRIEN, 2002.

Os alimentos ricos em compostos fenólicos tem sido alvo de muitos estudos, pois são considerados alimentos funcionais, já que apresentam alguma propriedade adicional, além da nutricional, que pode propiciar benefícios à saúde humana (MANCINI e MANCIN-FILHO, 2005).

Esses compostos atuam de várias formas como antioxidantes: combatendo os radicais livres pela doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila (OH) da sua estrutura aromática, quelando metais de transição (como o Fe^{2+} e o Cu^{+}), interrompendo a reação de propagação dos radicais livres na oxidação lipídica, modificando o potencial redox do meio e reparando a lesão a moléculas atacadas por radicais livres (PODSEDEK, 2007). Essa

propriedade é bastante influenciada pela estrutura dos compostos que possuem radicais nas posições orto e para do grupamento, aumentando as possibilidades de ressonância da sua forma de radical (MANCINI e MANCINI-FILHO, 2005).

Estudos realizados com compostos fenólicos demonstram que, além de sua capacidade antioxidante, eles podem interferir na prevenção de diversas enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas (SÁNCHEZ-MORENO, 2002), e apresentar atividade anti-inflamatória (SILVA et al., 2010). Scalbert et al. (2005) relataram a ação protetora desses compostos contra a diabetes.

Devido às funções fisiológicas benéficas atribuídas aos compostos fenólicos, muitos trabalhos tem sido realizados para identificar e purificar essas substâncias a partir de fontes naturais, visando a prevenção à deterioração oxidativa em alimentos, reduzindo o uso de antioxidantes sintéticos, e a prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo (MELO e GERRA, 2002).

O consumo de antioxidantes fenólicos de cereais e frutos tem sido o principal responsável pela redução da incidência de doenças crônicas e degenerativas em populações cujas dietas incluem altos índices desses alimentos (ROESLER et al., 2007).

Apesar de não estar totalmente esclarecida a relação entre a concentração de compostos com atividade antioxidante em alimentos e sua capacidade antioxidante, estudos demonstram que a ingestão continuada de alimentos ricos em carotenóides e compostos fenólicos está associada à prevenção de doenças degenerativas. Assim, deve-se ampliar o estudo da presença, concentração e efeitos desses compostos bioativos nos alimentos de origem vegetal (SILVA et al., 2010).

Abadio Finco et al. (2012) estudaram os teores de compostos fenólicos em frutos de murici (*Byrsonima crassiflora*), sendo observado 298.26 mg de equivalentes ácido gálico por 100 g de polpa fresca. O fruto de murici é da mesma família que os frutos de canjiqueira, e ocorre em regiões de Cerrado e Pantanal. Sendo assim torna-se importante comparar a composição química das espécies.

2.5.2.2 Taninos

Alguns compostos fenólicos apresentam-se nos tecidos vegetais na forma de polímeros, entre os quais estão os taninos e as ligninas. Os taninos são compostos de alto peso molecular, responsáveis pela sensação de adstringência nos alimentos, e são classificados em taninos hidrolisáveis (por ação de ácidos, bases ou enzimas) e condensados (SOARES, 2002).

Os taninos hidrolisáveis possuem estruturas poliméricas derivadas do ácido gálico (PODSEDEK, 2007). O ácido tânico é um hidrolisável, convertido em glicose e ácido gálico por ação de enzimas (HELBIG, 2000).

A presença de taninos nos alimentos é associada com importantes propriedades biológicas (ZAREI et al., 2011), com a adstringência em frutos imaturos (LESSCHAEVE e NOBLE, 2005) e com propriedades antinutricionais (DAMODARAN et al., 2010).

A atividade antioxidante dos taninos é geralmente atribuída aos taninos hidrolisáveis, não existindo relatos sobre a atividade antioxidante dos taninos condensados (SANTOS-BUELGA e SCALBERT, 2000).

Os taninos já foram usados no tratamento de diarreia, hemorragias cutâneas, como adstringente, diuréticos, anti-inflamatórios, antisséptico farmacêutico, entre outros. Atualmente são utilizados para fins medicinais e na indústria de alimentos como clareadores e antioxidantes de vinhos, cervejas e sucos de frutos. Ocorrem na maioria das plantas superiores e apresentam atividade antimicrobiana, antiviral, antifúngica e antioxidante, estando envolvidos na defesa contra a radiação ultravioleta e agressão de patógenos (KHANBABAEE e VAN REE, 2001).

Os taninos também podem atuar no organismo reduzindo a absorção de nutrientes. Os efeitos antinutricionais envolvem a complexação com íons metálicos, influenciando a absorção de minerais como ferro e zinco, a inibição das enzimas digestivas com formação de complexos insolúveis com proteínas dietéticas, afetando assim a disponibilidade de aminoácidos e a utilização de proteínas e interações com outras macromoléculas, como os carboidratos. O conteúdo de taninos nas espécies vegetais pode variar com as condições climáticas e geográficas (NOZELLA, 2001).

Barcelos et al. (2001) avaliaram o efeito do armazenamento no teor de taninos em grãos de café e encontraram $2,77 \text{ g.100 g}^{-1}$ no produto após a colheita, reduzindo em 39% durante armazenamento em condições ambiente por um período de um ano. Pertuzatti et al. (2008) determinaram o teor de taninos em frutos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) e observaram $53,1 \text{ g.100 g}^{-1}$ na casca e $0,3 \text{ g.100 g}^{-1}$ na polpa dos frutos.

Há poucos dados na literatura sobre a presença de taninos em frutos, não havendo relatos desses compostos em frutos de canjiqueira. Devido à importância desse elemento para a qualidade dos alimentos e para a saúde e ao potencial para uso de frutos de canjiqueira na alimentação, torna-se importante determinar esse composto nessa espécie nativa do Pantanal.

2.7.2.3 Ácido ascórbico

As vitaminas são compostos orgânicos essenciais ao organismo em pequenas quantidades. São convenientemente classificadas em função de suas solubilidades em lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K) e hidrossolúveis (vitaminas C e complexo B) (PELÚZIO e OLIVEIRA, 2006).

As vitaminas antioxidantes presentes nos alimentos são consideradas nutrientes e participam de alguma maneira do bloqueio do processo oxidativo. Elas são as vitaminas C, E e os carotenóides, considerados compostos pró-vitamina A (MANCINI e MANCINI-FILHO, 2005).

O ácido ascórbico (Figura 4) ou vitamina C é um sólido branco e hidrossolúvel, facilmente oxidado pelo calor (PELÚZIO e OLIVEIRA, 2006). Este composto é amplamente utilizado como antioxidante e nutracêutico (VENDRAMINI e TRUGO, 2000).

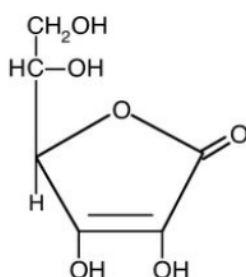


Figura 4 - Estrutura química do ácido ascórbico.

Fonte: BOBBIO e BOBBIO, 1992.

O ácido ascórbico está presente nos tecidos das plantas na sua forma reduzida, mas pode ser oxidado, por ação da enzima ácido ascórbico oxidase, a ácido dehidroascórbico (MOURA, 2004). O calor, a exposição ao ar e ao meio alcalino aceleram a oxidação da vitamina C (SOUZA, 2007).

A vitamina C tem papel importante na proteção contra o processo oxidativo. Por ser solúvel em água, age neutralizando ações prejudiciais que ocorrem em meio aquoso, como o sangue, porém não age em meio lipídico, não inibindo a peroxidação lipídica. Em função da sua estrutura molecular pode atuar como doador de hidrogênio, sequestrador do oxigênio singlete e quelante de metais com mais de um estado de valência – detentores de propriedades pró-oxidantes (MANCINI e MANCINI-FILHO, 2005).

Em concentrações fisiológicas, o ácido ascórbico pode prevenir a oxidação do LDL e sua própria oxidação a ácido dehidroascórbico por ação do radical ascorbil. O ácido ascórbico

ainda desempenha papel fundamental na regeneração da vitamina E quando a mesma é oxidada por radicais lipídicos (PINCEMAIL, 2006).

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) é a quantidade de vitaminas, minerais e proteínas que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia. No Brasil, a IDR de vitamina C para adultos é de 60mg (BRASIL, 1998).

Na Tabela 1 estão citados os teores de vitamina C (em massa fresca) de alguns frutos nativos do Pantanal.

Tabela 1. Teor de vitamina C de alguns frutos do Pantanal.

Fruto	Teor de vitamina C (mg.100 g⁻¹)
<i>Annona crassiflora</i> Mart. (araticum)	19,13
<i>Bromelia balansae</i> Mez. (caraguatá)	8,72
<i>Campomanesia</i> spp. (guavira)	971,15
<i>Pouteria glomerata</i> (laranjinha-de-pacu)	153,85

Fonte: Barbosa (2008).

O teor de vitaminas em geral nos alimentos de origem vegetal é bastante variável, ainda que para uma mesma espécie, principalmente em função da variedade, das condições climáticas e da forma de cultivo (LEE e KADER, 2000).

Pesquisas têm demonstrado que existe uma relação positiva entre o teor de compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutos (ABDILLE et al., 2005). Esses compostos têm sido quantificados em alguns frutos nativos do Pantanal, como nas espécies caraguatá, tarumã, araçá, saputá e pateiro (SILVA, 2010), porem não há relatos na literatura sobre o estudo dos mesmos na espécie canjiqueira.

Canuto et al. (2010) estudaram frutos e murici (*Byrsonima crassiflora*) e encontraram 0,3 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa fresca.

O Pantanal é fonte de muitos frutos com potencial para uso na alimentação. A espécie canjiqueira é largamente distribuída no bioma Pantanal e tem sido usada pela comunidade local no preparo de sucos. Estudos sobre a presença de compostos bioativos, como compostos fenólicos, taninos e ácido ascórbico, em frutos de canjiqueira pode permitir a descoberta de uma nova fonte natural de compostos antioxidantes com potencial para prevenir danos oxidativos à saúde humana. A divulgação dos resultados contribui para a preservação da espécie e para o desenvolvimento sustentável da região do Pantanal.

2.5.3 Determinação *in vitro* da atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante de alimentos é importante na avaliação da proteção contra a oxidação e a deterioração do alimento, reações que causam perda de qualidade e valor nutricional. Existem vários métodos para medir a atividade antioxidante de substâncias em alimentos, sendo classificados em aqueles que se baseiam na captura dos radicais livres e naqueles que se baseiam na oxidação de uma molécula alvo (LIMA, 2008).

Diferentes métodos *in vitro* e *in vivo* são utilizados para determinar a capacidade antioxidante de diversos extratos no intuito de obter substâncias com potencial para reduzir as doenças crônico-degenerativas. Uma das estratégias mais aplicadas nas análises *in vitro* é a determinação da atividade do composto antioxidante na presença de substâncias cromógenas (ARENA et al., 2001).

Diversos compostos cromógrafos, como ABTS (2,2' azino-bis-3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico) e DPPH (2,2 difenil-picrilhidrazil), são utilizados na determinação da capacidade antioxidante de compostos em frutos. Eles captam os radicais livres gerados agindo contra os efeitos da oxidação (SELLAPPAN et al., 2002).

Para avaliar a capacidade antioxidante de um vegetal é necessário extrair ao máximo os compostos bioativos presentes. Os procedimentos de extração são diversos, pois esses compostos possuem moléculas com polaridade diferenciada, desta forma são utilizados solventes com solubilidades que variam em função do fitoquímico (MELO et al., 2008).

O método do seqüestro do radical DPPH é amplamente utilizado para avaliar a capacidade antioxidante de amostras em intervalo de tempo relativamente curto, quando comparado a outros métodos, sendo reconhecido como uma ferramenta útil na determinação da capacidade antioxidante total de frutos (LEONG e SHUI, 2002).

O método do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) baseia-se no descoloramento de uma solução composta por radicais estáveis DPPH de cor violeta (Figura 5), causada pela adição de substâncias doadoras de átomos de hidrogênio (HAUNG et al., 2005). Esse método avalia a transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006), que ao se reduzir perde a coloração violeta. Assim, o poder redutor do composto a ser testado é avaliado e as substâncias pró-oxidantes não são detectadas.

e como matéria prima para a indústria de alimentos (GOMES et al., 2007). Os frutos constituem matérias-primas muito perecíveis, devendo ser utilizadas ou processadas rapidamente após a colheita. Sua industrialização contribui para o aumento da vida útil e do valor agregado dos mesmos (DAMIANI, 2009).

O processamento de alimentos objetiva retardar a atividade microbiana e as alterações químicas que podem afetar a qualidade dos alimentos, porém dependendo da severidade do tratamento térmico algumas características podem ser modificadas. As modificações podem ser desejáveis, como a destruição de fatores antinutricionais e a criação de aromas, ou indesejáveis, como a perda de vitaminas e de cor e mudanças na textura (BRECHT et al., 2008).

O processamento térmico de frutos pode reduzir os níveis de fitoquímicos pela perda da integridade da estrutura celular por ação enzimática ou de fatores não enzimáticos como luz e oxigênio (VOLDEN et al., 2008).

O processamento de alimentos afeta o conteúdo, a atividade e a biodisponibilidade dos compostos bioativos (MAIA et al., 2007). A perda de vitamina C durante o processamento varia de acordo com o tipo de processo e equipamentos utilizados (YAMASHITA et al., 2003). Silva et al. (2006) avaliaram a estabilidade do ácido ascórbico em suco de laranja utilizado como ingrediente no processamento de bolo e pudim, assados em forno convencional e microondas, e geleia. Os autores verificaram que a perda de ácido ascórbico foi maior em bolo (84%) e em pudim (47%) assados em forno convencional. A geleia apresentou redução de 25% no teor de ácido ascórbico comparado com o suco de laranja *in natura*.

Durante o processamento de frutos ocorre a oxidação química e enzimática de compostos fenólicos (KAUR e KAPOOR, 2001). Kim e Padilla-Zakour (2004) estudaram o efeito de processamento de geleia no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante de frutos de cereja, ameixa e framboesa e verificaram a retenção de 73%, em média, dos fenólicos e 65% da atividade antioxidante nas geleias desenvolvidas. Ferruzzi et al. (2009) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos, entre eles o cozimento em água, no teor de taninos de uma *Fabaceae* italiana e verificaram que os níveis de taninos foram reduzidos em 55%.

É importante a busca por informações a respeito de fatores antinutricionais em plantas utilizadas como alimentos assim como formas de reduzi-las a um nível seguro para o consumo, especialmente em novas espécies introduzidas na alimentação (SOETAN e OYEWOLE, 2009). O estudo da presença de fatores antinutricionais e do efeito do

processamento em seus níveis tem sido realizado em leguminosas e grãos (DEL-VECHIO et al., 2005; FAGBEMI et al., 2005; MARTÍNEZ-HERRERA et al., 2006), porém estudos sobre essas substâncias em frutos nativos são escassos, não havendo relatos na literatura a respeito desses compostos em frutos de canjiqueira.

Muitos dos fatores antinutricionais são sensíveis ao calor e podem ser inativados por diferentes tratamentos térmicos. Aqueles residuais são responsáveis por reduzir a qualidade das proteínas ingeridas, mesmo daquelas com alto escore de aminoácidos (SEENA et al., 2005).

Os inibidores de proteases são, em sua maioria, destruídos pelo calor o que aumenta a biodisponibilidade das proteínas no organismo. Del-Vechio et al. (2005) estudou o efeito do cozimento de sementes de abóbora (*Cucurbita* spp.) em seus teores de inibidores de tripsina verificando redução nos níveis desse fator antinutricional.

O ácido fítico (hexafosfórico mio-inositol) pode ser parcialmente desfosforilado durante o processamento de alimentos por ação de fitases endógenas (BURBANO et al., 1995). Os compostos pentaosfato e hexaosfato têm efeito negativo na biodisponibilidade de minerais (SANDBERG et al., 1989). Ramírez-Cárdenas et al. (2008) investigaram os efeitos do processamento de feijões nos teores de taninos e fitatos e verificaram que o processo de cozimento reduziu os níveis de ambos os compostos.

As lectinas podem ser inativadas por aplicação de métodos tradicionais de preparo doméstico ou processamento industrial de alimentos, eliminando sua atividade hemaglutinante (ANTUNES e SGARBIERI, 1977).

Uma das formas de conservação mais utilizadas em frutos é a adição de açúcar, tanto industrial como artesanalmente. A presença do açúcar aumenta a pressão osmótica e reduz a atividade de água do meio, criando condições desfavoráveis para o crescimento e reprodução da maioria das espécies de microrganismos. Como há microrganismos que sobrevivem mesmo em condições de baixa atividade de água é desejável tratamento complementar para aumentar a eficiência da conservação, como o aquecimento e a acidificação (GAVA, 1985).

O açúcar é muito utilizado como agente de conservação quando combinado com o calor. Sua concentração em torno de 70%, além de garantir a conservação de forma mais segura, confere características sensoriais apreciadas pelos consumidores (BARCELOS e FERRUA, 2003). Dentre os principais alimentos conservados pela combinação do uso de açúcar e calor estão as geleias, doces em massa e conservas de frutos.

De acordo com a Resolução Normativa nº 12, de 24 de julho de 1978 (BRASIL, 1978), geleia é o produto obtido pela cocção de frutos, inteiros ou em pedaços, de polpa ou de suco de frutos, com açúcar e água e concentrado até consistência gelatinosa.

As geleias não devem ser coloridas ou aromatizadas artificialmente, sendo permitida a adição de acidulantes e de pectina, e devem ter consistência tal que, quando extraída de seu recipiente, seja capaz de se manter no estado semissólido. Devem apresentar cor e aroma próprios do fruto de origem, sabor doce e semi-ácido e características físico-químicas pré-estabelecidas (BRASIL, 1978) (Quadro 1).

O potencial de uso de espécies frutíferas nativas é alto, tanto para consumo *in natura* quanto de produtos processados, como geleias, doces, sorvetes, picolés, condimentos, entre outras formas de uso.

Quadro 1. Características físico-químicas exigidas para geleias.

Parâmetro	Referência
Umidade	máximo de 38%
Teor de sólidos solúveis	mínimo de 62%
Pectina adicionada	máximo de 2%

Fonte: BRASIL, 1978.

Para melhor utilização da biodiversidade de espécies nativas do território brasileiro são necessárias avaliações físicas, químicas e sensoriais dos frutos para melhor direcionar o processamento, para controle de qualidade e redução de custos.

Dados sobre a composição de alimentos são importantes para avaliar o suprimento e o consumo alimentar de um país, para verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos, avaliar seu estado nutricional, para desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença, no planejamento da indústria de alimentos, entre outros (HOLDEN, 1997). O conhecimento da composição dos alimentos também influencia os procedimentos de colheita, pós-colheita, beneficiamento, processamento e armazenamento dos produtos, além de influenciar o desenvolvimento de novos produtos alimentícios pelas indústrias (SILVA et al., 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadio Finco FDB, Silva IG, Oliveira RB. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of three native fruits from brazilian savannah (Cerrado). *Alim Nutr.*2012; 23(2): 179-185.
- Abdille MDH, Singh RP, Jayaprakasha GK, Jena BS. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food Chem.* 2005; 90:891-896.
- Aherne SA, O'Brien NM. Dietary flavonols: chemistry, food content and metabolism. *Nutr.* 2002; 18(1):75-81.
- Andrade-Wartha ERS. Capacidade antioxidante in vitro do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.) e efeito sobre as enzimas participantes do sistema antioxidante de defesa do organismo animal [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007.
- Antunes PL, Sgarbieri VC. Processing effects on the nutritive value of soybean seeds and products. *Arch Latinoamer Nutric.* 1977; 27(1): 33-47.
- Aquarone E, Lima UA, Borzani W. Alimentos e bebidas produzidas por fermentação. São Paulo: Edgar Blucher, 1983. 227p.
- Arena E, Fallico B, Macarrone E. Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage. *Food Chem.* 2001; 74:423-427.
- Ávidos MFD, Ferreira LT. Frutos dos Cerrados – Preservação gera muitos frutos. 2003. [acesso em 27 abr 2011]. Disponível em:<<http://www.bioteecnologia.com.br/bio15/frutos.pdf>.

Barbosa MC. Composição de aminoácidos e digestibilidade in vitro de proteínas de amêndoas de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.), do estado do Mato Grosso do Sul [Dissertação]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2006.

Barbosa MM. Produção e Alimentos: bocaiúva. Apostila. Miranda: 2008. Disponível em: <http://www.riosvivos.org.br/arquivos/1275091857.pdf>. Acesso: 19 ago 2012.

Barcelos AF, Paiva PCA, Pérez JRO, Santos VB, Cardoso RM. Fatores antinutricionais da casca e da polpa desidratada de café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes períodos. Rev Bras Zootec. 2001; 30(4):1325-1331.

Barcelos MFB, Ferrua FQ. Frutas e hortaliças processadas: métodos de conservação e efeitos no valor nutritivo. Lavras: UFLA, 2003. 71 p.

Bobbio FO, Bobbio PA. Introdução à química de alimentos. 2ed. São Paulo: Varela, 1992. 151p.

Bonett LP, Baumgartner MS, Klein AC, Silva LI. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Arq Ci Saúde da Unipar. 2007; 11:235-246.

Bortolotto IM. Educação e uso de recursos naturais: um estudo na comunidade de Albuquerque, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Pantanal [Dissertação]. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso; 1999.

Bosscher D, Van Cailli-Bertrand M, Deelstra H. Effect of thickening agents, based on soluble dietary fiber, on the availability of calcium, iron and zinc from infant formulas. *Nutr.* 2001; 17:614-618.

Brandão TSO, Sena AR, Teshima E, David JM, Assis SA. Changes in enzymes, phenolic compounds, tannins and vitamin C in various stages of jambolan (*Syzygiu cumini* Lamark) development. *Ciênc Tecnol Alim.* 2011; 31(4):849-855.

Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos N° 12, de 24 de julho de 1978. Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, relativas a alimentos e bebidas. Brasília: Ministério da Saúde; 1978.

Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria N° 31, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. Brasília: Ministério da Saúde; 1998.

Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDN N° 18, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde; 1999a.

Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria N° 398, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde; 1999b.

Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 2, de 07 de janeiro de 2002. Regulamento Técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional ou de saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2002.

Brecht JK, Ritenour MA, Haard NF, Chism GW. Postharvest physiology of edible plant tissues. In: Damoradan S, Parkin KL, Fennema OR. Fennema's food chemistry. 4.ed. Boca Ranton: CRC Press, 2008; 1042-1043.

Burbano C, Muzquiz M, Osagie A, Ayet G, Cuadrado C. Determination of phytate and lower inositol phosphates in spanish legumes by HPLC methodology. Food Chem. 1995; 52(3): 321- 325.

Caldeira SD, Hiane PA, Ramos MIL, Ramos Filho MM. Caracterização físico-química do araçá (*Psidium guineense* SW.) e do tarumã (*Vitex cymosa* Bert.) do Estado de Mato Grosso do Sul. B CEPPA. 2004; 22(1):145-154.

Canuto GAB, Xavier AAO, Neves LC, Benassi MT. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. Rev Brasil Fruticult. 2010; 32: 1196-1205.

Carratu E, Sanzini E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. Ann Ist Super Sanit. 2005; 41(1): 7-16.

Carvalho MRB, Kirschnik PG, Paiva KC, Aiura FS. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. Rev Nutr. 2002; 15:267-272.

Cecchi HM. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2.ed. Campinas: Ed. Unicamp; 2003. 207p.

Chen Q. Determination of Phytic Acid and Inositol Pentakisphosphates in Foods by High-Performance Ion Chromatography. J Agr Food Chem. 2004; 52:4604-4613.

Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário. Lavras: UFLA, 2006. 256p.

Coultrate TT. Alimentos: a química de seus componentes. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

Damasceno Júnior GA, Souza PR. Sabores do Cerrado & Pantanal: receitas e boas práticas de aproveitamento. Campo Grande: Ed UFMS, 2010. 141p.

Damiani C. Caracterização e agregação de valor aos frutos do cerrado: araçá (*Psidium guineensis* Sw.) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.) [Tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras (UFLA); 2009.

Damodaran S, Parkin KL, Fenema OR. Química de Alimentos de Fennema. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Del-Vechio G, Corrêa AD, Abreu AMP, Santos CD. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. Ciênc Agrotecnol. 2005; 29(2):369-376.

Dröge W. Free radicals in the physiological control of cell function. Phys Ver. 2002; 82:47-95.

Duarte-Almeida JM, Dos Santos RJ, Genovese MI, Lajolo FM. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro dos radicais DPPH. Ciên Tecn Alim. 2006; 26(2):446-452.

Fagbemi TN, Oshodi AA, Ipinmorotim KO. Processing effects on some antinutritional factors and *in vitro* multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). Pakistan J Nutr. 2005; 4(4):250-256.

Ferreira SMR Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba. [Tese]. Curitiba: Universidade Federal de Paraná; 2004.

Ferruzzi G, Pistoia A, Balestri G, Casarosa L, Poli P. Effect of different processing methods on the nutritional characteristics and tannin content of fababean seed (*Vicia faba minor*). Ital J Anim Sci. 2009; 8(2): 298-300.

Francis G, Makkar HPS, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquac. 2001; 199:197-227.

Franco G. Tabela de composição química dos alimentos. 9.ed. São Paulo: Ed. Atheneu; 2004. 307 p.

Galho AS, Lopes NF, Bacarin MA, Lima MGS. Composição química e respiração de crescimento em frutos de *Psidium cattleianum* Sabine durante o ciclo de desenvolvimento. Rev Bras Frutic. 2007; 29(1):61–66.

Gava AJ. Processamento asséptico de suco de frutas. Rev Alimentação. 1985; 76(1): 32-37.

Germano RMA. Disponibilidade de ferro na presença de β -caroteno e o efeito dos interferentes em combinações de alimentos. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2011.

Gomes AT, Cereda MP, Vilpoux O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. Rev Bras Gestão Des Reg. 2007; 3(3):212-226.

Graf E. Applications of phytic acid. J Am Oil Chem Soc. 1983; 60:1861-1866.

Graf E, Eaton JW. Suppression of colonic cancer by dietary phytic acid. Nutr Cancer. 1993; 19:11-19.

Guimarães-Beelen PM, Berchielli TT, Beelen R, Araújo Filho J, Oliveira SG. Caracterização dos taninos condensados em leguminosas nativas do semi-árido do nordeste brasileiro. Sci Agric. 2006; 63(6): 522-528.

Haung D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. J Agric Chem. 2005; 53: 1841-1856.

Helbig E. Ação da maceração prévia ao cozimento do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L) nos teores de fitatos e taninos e conseqüências sobre o valor protéico [Dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2000.

Hiane PA, Bogo D, Ramos Filho MM, Ramos MIL. Carotenóides pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). B. CEPPA. 2003; 23(2):202-209.

Hiane PA, Macedo MLR, Silva GM, Braga Neto JA. Avaliação nutricional da proteína de amêndoas de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*) (Jacq.) Lodd., em ratos Wistar em crescimento. B. CEPPA. 2006; 24(1):191-206.

Holden JM. Assessment of the quality of data in nutritional databases. B Soc Bras Ciên Tecn Alim. 1997; 31(2):105-108.

Jacomino A, Arruda MC, Bron IU, Kluge RA. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. In: Bioquímica de alimentos: teorias e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.

Kaur C, Kapoor HC. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. International. J Food Sci Technol. 2001; 36: 703–725.

Khanbabaee K, Van Ree T. Tannins: classification and definition. Nat Prod Rep. 2001; 18:641-649.

Kim DO, Padilla-Zakour OI. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. *J Food Sci.* 2004; 69(9): 395-400.

Kluge AR, Nachtigal JC, Fachinello JC, Bilhalva AB. *Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado*. 2.ed. Emopi: Campinas; 2002. 214p.

Krebs NF. Bioavailability of dietary supplements and impact of physiologic state: infants, children and adolescents. *J Nutr.* 2001; 131:1351S-1354S.

Kris-Etherton PM, Hecker KD, Bonanome A, Coval SM, Binkoski AE, Hilpert KF, Griel AE, Etherton TD. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *Am J Med.* 2002; 113(9):S71-S88.

Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM, Mancini-Filho J, Fett R. Aplicacin de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidant en pulpa de frutos. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25(4):726-732.

Lajolo FM. Functional food legislation in Brazil. In: Hasler CM. *Regulation of functional foods and nutraceuticals: a global perspective*. Oxford: Blackwell Publish, 2005. p.367-376.

Lajolo FM, Horst MA. Biodisponibilidade de compostos bioativos em alimentos. In: Silvia Maria Franciscato Cozzolino. *Biodisponibilidade de nutrientes*. 3.ed. São Paulo: Ed. Manole; 2009. p.772-807.

Lee SK, Kader AA. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Posth Biol Techn.* 2000; 20: 207-220.

Leong LP, Shui G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 2002; 76: 69-75.

Lesschaeve IE, Noble AC. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *Amer J Clin Nutr.* 2005; 81:330S-335S.

Lima A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2008.

Lira Junior JS, Musser RS, Melo EA, Maciel MIS, Lederman IL, Santos VF. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá umbu. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25(4): 757-761.

Lucena EMP. Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no vale do São Francisco. [Tese]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2006.

Machado RB, Aguiar LMS. A ocupação do cerrado e os menosprezados impactos sobre a biodiversidade. *Rev UFG.* 2010; 9(12):15-8.

Maga JA. Phytate: Its Chemistry, Occurrence, Food Interactions, Nutritional Significance, and Methods of Analysis. *J Agric Food Chem.* 1982; 30: 1-9.

Mahan LK, Escott-Stump S. Alimentos, nutrição e dietoterapia. 10.ed. São Paulo: Roca, 2002.

Malacrida CR, Motta S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25(4):659-664.

Maia GA, Sousa PHM, Santos GM, Silva DS, Fernandes AG, Prado GM. Effect of the processing on some components of acerola juice. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2007; 27(1): 130-134.

Malta LG. Avaliação biológica de frutas do Cerrado Brasileiro: guapeva, guariroba e murici. [Tese]. Campinas: Universidade de Campinas; 2011.

Mamede MCH. *Byrsonima* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB019420>. Acesso em 15 mai 2012.

Mancini DAP, Mancini-Filho J. Prevenção de reações oxidativas: antioxidantes nos vegetais de consumo humano. In: De Angelis RC. A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. 2.ed. São Paulo: Atheneu; 2005.

Marchesan R, Mattos PP, Savarez GK, Salis SM. Caracterização Física, Química e Anatômica da Madeira de *Byrsonima cydoniifolia*. Colombo: Embrapa Florestas; 2006. 3p.

Marin AMF. Potencial nutritivo de frutos do cerrado: composição em minerais e componentes não convencionais [Tese]. Brasília: Universidade de Brasília; 2006.

Martínez-Herrera J, Siddhuraju P, Francis G, Dávila-Ortíz G, Becher K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Food Chem. 2006; 96: 89-90.

McLean JA, Karadas F, Surai P, McDevitti R, Speake B. Lipid-soluble and water-soluble antioxidant activities of the avian intestinal mucosa at different sites along the intestinal tract. Comparat Biochem Physiol. 2005; 141(B): 366-372.

Melo EA, Guerra NB. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. B. CEPPA. 2002; 36(1): 1-11.

Melo EA, Maciel MIS, Lima VLA, Nascimento RJ. Capacidade antioxidante de frutas. Braz J Pharm Sci. 2008; 44(2):193-201.

Milton K. Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? Compar Biochem Physiol. 2003; 136(1): 47-59.

Moraes FP, Colla LM. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios a saúde. Rev Eletr Farm. 2006; 3(2): 109-122.

Moura CFH. Armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce BRS 189, CCP 76, END 183 e END 189 sob diferentes temperaturas e atmosferas. [Tese]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceara; 2004.

Nogueira JM, Nascimento Júnior A, Bastos L. Empreendimentos extrativistas como alternativas para a geração de renda: do sonho ambientalista à realidade do estudo de mercado. Rev Ciênc Admin. 2009; 15(1): 85-104.

Nozella EF. Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2001.

Nunes JR, Favalessa O, Lula GAFL, Nunes PASS, Ferraz L, Guarim Neto G, Macedo M. Distribuição de canjiqueira *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. (*Malpighiaceae*) em uma área de Pantanal, no Município de Santo Antonio de Leverger, Mato Grosso. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Anais; 2004; Corumbá, Brasil. Corumbá: 2004. 8 p.

Okazaki Y, Katayama T. Reassessment of the nutritional function of phytic acid, with special reference to myo-inositol function. J Jpn Soc Nutr Food Sci. 2005; 58: 151-156.

Paiva JR, Alves RE, Barros LM, Crisóstomo JR, Moura CF, Almeida AS, Norões NP. Clones de aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; 2003.

Pedroso ERP. Água, eletrólitos e equilíbrio hidroeletrólítico. In: Teixeira Neto F. Nutrição Clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003. p.25-49.

Pelotas: UFPEL; 2008 [acesso em 19 nov 2012]. Disponível em:
http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00112.pdf.

Pelúzio MCG, Oliveira VP. Vitaminas antioxidantes. In: Costa NMB, Rosa COB. Alimentos Funcionais. Viçosa: Folha de Viçosa, 2006. p.1-30.

Pertuzatti PB, Jacques AC, Barcia MT, Sganzerla M, Sant'Anna LA, Zambiasi RC. Quantificação de taninos condensados e hidrolisados na casca e polpa de mirtilo (*Vaccinium ashei Reade*) [on line]. XVII Congresso de Iniciação Científica da UFPEL; 2008; Pelotas.

Pfaffenbach LB. Uso de embalagens plásticas na conservação pós-colheita e qualidade de mangas 'Haden 2H', 'Palmer' e 'Tommy Atkins'. [Dissertação]. Campinas: Instituto Agrônômico; 2003.

Pimentel CVMB, Francki VM, Golluche APB. Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Varela; 2005. p.31-42.

Pincemail, J. How to evaluate your oxidative stress. Liège; 2006. [acesso em 28 set 2010]. Disponível em: http://www.probiox.com/uk/html/body_stressoxydant.htm.

Podsdek A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review. LWT: J Food Compos Analys. 2007; 40:1-11.

Pott A, Pott VJ, Bueno Sobrinho AAB. Plantas úteis à sobrevivência no Pantanal. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. Anais; 2004; Corumbá, Brasil. Corumbá: 2004. p.39-40.

Pott A, Pott VJ. Plantas do Pantanal. Brasília: EMBRAPA; 1994. 320 p.

Ramirez-Cárdenas L, Leonel AJ, Costa NMB. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. Ciênc Tecnol Aliment. 2008; 28(1): 200-213.

Ramos MIL, Ramos Filho MM, Hiane PA, Braga Neto JA, Siqueira EMA. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ciênc Tecnol Aliment. 2008; 28:90-94.

Ribeiro RA, Rodrigues FM. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. Rev Ciênc Méd Biol. 2006; 5 (3):253-260.

Ritt ABB. Proteínas tóxicas e/ou fatores antinutricionais presentes em sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). Comparação entre cultivares da região Sul do Brasil. [Dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001.

Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. Ciênc Tecnol Aliment. 2007; 27(1): 53-60.

Rufino MSM, Alves, RE, Brito ES, Moraes SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. (Comunicado Técnico 127). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4p.

Sánchez-Moreno C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Sci Techn Int. 2002; 8(3): 121-137.

Sandberg AS. Bioavailability of minerals in legumes. Brit J Nutr. 2002; 88(3): S281-S285.

Sandberg AS, Carlsson NG, Svanberg U. Effects of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. J Food Sci. 1989; 54(1): 159-161.

Santos SA, Abreu UGP, Tomich TR, Comastri Filho JA, Crispim SMA. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade. In: Albuquerque ACS, Silva AG. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. v.2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2008. p.535-570.

Santos SA, Cunha CN, Tomás W, Abreu UGP, Arieira J. Plantas invasoras no pantanal: como entender o problema e soluções de manejo por meio de diagnóstico participativo. Corumbá: Embrapa Pantanal; 2006. 45p.

Santos SA, Feiden A, Simão MT, Salis SM. Sistemas silvipastoris naturais e alterados no Pantanal. Rev Bras Agroec. 2009; 4(2):1559.

Santos-Buelga C, Scalbert A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. J Sci Food Agric. 2000; 80(7): 1094-1117.

Sazan MS. Sistema reprodutivo e polinização de *Byrsonima cydoniifolia* (Malpighiaceae) no Pantanal, Brasil. [Dissertação]. Campo Grande: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2010.

Scalbert A, Manach C, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols and the prevention of diseases. Crit Rev Food Sci Nutr. 2005; 45(4): 287-306.

Seena S, Sridhar KR, Jung K. Nutritional and antinutritional evaluation of unripe and processed seeds of a wild legume, *Canavalia cathartica* of coastal sand dunes of Índia. Food Chem. 2005; 92(3): 465-472.

Sellappan S, Akoh CC, Krewer G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. *J Agric Food Chem.* 2002; 50: 2432-2438.

Sgarbieri VC. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996.

Sies H, Koch OR, Martino E, Boveris A. Increased biliary glutathione disulfide release in chronically ethanol treated rats. *FEBS letters.* 1979; 103: 289-290.

Silva GM. Potencial antioxidante de frutos do Cerrado e do Pantanal, no Estado do Mato Grosso do Sul. [Dissertação]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2010.

Silva MLC, Costa RS, Santana AS, Koblitiz MGB. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Ciênc Agrar.* 2010; 31(3): 669-682.

Silva MR, Silva MAAP. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. *Rev Nutr.* 2000; 13: 3-9.

Silva PT, Lopes MLM, Valente-Mesquita VL. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2006; 26(3): 678-682.

Silva RF, Ascheri JLR, Pereira RGFA. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. *Aliment Nutr.* 2007; 18(3): 325-330.

Soares M, Welter L, Kuskoski EM, Gonzaga L, Fett R. Compostos Fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. Rev Bras Frutic. 2008; 30(1): 59-64.

Soares SE. Ácidos fenólicos como antioxidantes. Rev Nutr. 2002; 15(1): 71-81.

Sobotka L. Metabolismo lipídico. In: Sobotka L. Bases da nutrição clínica. 3.ed. Rio de Janeiro: Rubio; 2008. p.64-72.

Soetan KO, Oyewole OE. The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. Afric J Food Sci. 2009; 3(9):223-232.

Souza MC. Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progênies de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart). [Dissertação]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceara, 2007.

Vadivel V, Janardhan K. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, *Cassia floribunda* Cav. Food Chem. 2001; 73: 209-215.

Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, Izakovic M, Mazur M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-Biol Interact. 2006, 160(1): 1-40.

Vallilo MI, Pastore JA, Eston MR, Garbelotti ML, Oliveira E. Caracterização química e valor nutricional dos frutos de *Byrsonima myricifolia* Griseb (Malpighiaceae) – alimento de aves silvestres. Ver Instit Florest. 2007; 19(1): 39-45.

Vendramini AL, Trugo LC. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. Food Chem. 2000; 71: 195-198.

Vera R, Soares Junior MS, Naves RV, Souza ELB, Fernandes EP, Caliar M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil. Rev Bras Frut. 2009; 31(1): 112-118.

Villanueva MJ, Tenorio MD, Esteban MA, Mendoza MC. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. Food Chem. 2004; 87: 179-185.

Volden J, Borge GIA, Bengtsson GB, Hansen M, Thygesen IE, Wicklund T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*). Food Chem. 2008; 109: 595-605.

Wang H, Cao G, Prior RL. Total antioxidant capacity of fruits. J Agric Food Chem. 1996; 44(3): 701-701.

Yamashita F, Benassi MT, Tonzar AC, Moriya S, Fernandes JG. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. Ciênc Tecnol Alim. 2003; 23(1): 92-94.

Zarei M, Azizi M, Bashir-Sadr Z. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. Fruits. 2011; 66:121-129.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estudar as características físicas, químicas, os nutrientes, antinutrientes, as substâncias bioativas e a atividade antioxidante na pós-colheita de frutos de canjiqueira *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. e avaliar o efeito do processamento sobre essas características.

3.2 Objetivos específicos:

- a. realizar a caracterização física (diâmetro e massa) e química (pH, acidez titulável, sólidos solúveis) dos frutos verdes e maduros;
- b. determinar a composição centesimal, o conteúdo em minerais e o teor de açúcares redutores e não redutores de frutos de canjiqueira verdes e maduros;
- c. avaliar a presença de fatores antinutricionais nos frutos verdes e maduros;
- d. estudar a variação das características físico-químicas na pós-colheita dos frutos de canjiqueira em função do estágio de maturação;
- e. determinar o teor de compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos, taninos) e a atividade antioxidante *in vitro* na pós-colheita dos frutos em função do estágio de maturação;
- g. elaborar geleia de frutos verdes e geleia de frutos maduros;
- h. avaliar o efeito do processamento nas características químicas, nos nutrientes, nos fatores antinutricionais, na retenção das substâncias bioativas e na atividade antioxidante *in vitro* dos frutos de canjiqueira em função do estágio de maturação.

Capítulo 1 - Quality Index and Bioactive Compounds on Postharvest of *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss. Fruits: Effect of Maturity Stage.

M.F.O. Prates, R.P. Campos, P.A. Hiane, M.M. Ramos Filho and M.L.R. Macedo

Unit of Food Technology and Public Health

Federal University of Mato Grosso do Sul

Campo Grande - Brazil

Key-words: total phenols, ascorbic acid, antioxidant activity, DPPH, postharvest, Pantanal

Abstract

The study of native plants may lead to discovery new useful antioxidant sources. Canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) is largely distributed in Pantanal and show asynchronous fructification. This study assessed soluble solids (SS), titratable acidity (TA) and fresh mass loss (FML) of canjiqueira fruits harvested at six stages of maturity, and ascorbic acid (AA), total phenols (TP), tannins and antioxidant capacity (AC) of canjiqueira at three stages (unripe, maturing and ripe) in order to understand this behavior during ripening process. It was used the completely randomized design, with five replications and 20 fruits per plot for FML analysis, and three replications for other analysis. Quality indexes were affected by stage of maturity and postharvest process. FML increase, while TA reduced with the advance of maturity stage and in the postharvest process. For fruits just harvest SS reduced with the advance of maturity stage, but increase in postharvest for ripe fruits. Changes observed indicate canjiqueira to be a climateric fruit. Fruits in stages 4 and 5 are the right point for canjiqueira harvest. Stage of maturity affect ($p < 0.05$) levels of bioactive compounds and AC. Levels of AA, TP, tannins and AC were higher in unripe fruits, indicating this stage of maturity have higher antioxidant properties. The postharvest conservation reduced significantly levels of TP, tannins and AA and, consequently, the AC. AA increased with postharvest just for ripe fruits. The effect of ripening process on reducing antioxidant capacity of fruits was higher than the effect of maturity stage. Results suggest that fruits just harvest, particularly when unripe, have high potential in preventing oxidative damages in health.

INTRODUCTION

Byrsonima cydoniifolia A. Juss. is a species belonging to the family *Malpighiaceae* and very common in Pantanal, where is found under different ecological conditions, occurring both in dry and locations subject to flooding during the flood season (SANTOS et al., 2008). This species can form large clusters, called canjiqueirais, which favors the fruit harvest by rural communities.

Canjiqueira is a shrubby tree with leaves in light green color, clearest in the bottom. The fruits ripens between september and march and are ripe when ripe (DAMASCENO JÚNIOR & SOUZA, 2010). The species is presented as a potential source of antioxidants due to detection of high amounts of bioactive compounds in the leaves of *Byrsonima cydoniifolia*, representing a promising alternative for the sustainable development of the Pantanal region (GIL et al., 2005).

The interest of new sources of natural antioxidants has increased because of the evidences that suggest they have elevated potential in preventing degenerative diseases (BHAT et al., 2011). Antioxidants have been researched in commonly consumed fruits, and the beneficial effect is attributed to compounds such as phenolics, ascorbic acid and other non-nutrients (PROTEGGENTE et al., 2002).

To identify the right harvest point is important to known the maturity indices of fruits. These indices involve physical and chemical changes that occur during ripening and indicates good quality in postharvest (KLUGE et al., 2002). Maturity stage in all kind of fruits is of a high importance because harvest stage is determinate by pulp sugar content (VILLANUEVA et al., 2004), an important commercial indices for fruits. Fruits harvested before maturity don't achieve great levels of sugar content. In the other hand, harvest on advanced maturity stages can reduce fruit quality during transportation and storage.

There is a lack of information in this context of under-utilized fruits, either wild or domesticated (HERRERA-HERNÁNDEZ et al., 2011). An example is the species of Pantanal canjiqueira, which have scarce data. Reports on antioxidant and functional properties in different maturity stages can indicate the optimal maturity stage for canjiqueira uses in diet.

The objectives of this study were (1) to evaluate chemical changes in postharvest of canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) fruits at six maturity stages, (2) to study the effect of maturity stage and of ripening process on total phenolics, ascorbic acid, tannins and antioxidant capacity of canjiqueira.

MATERIAL AND METHODS

Material

Canjiqueira fruits were harvested in Base of Studies of Pantanal (19°34'37" S; 57°00'42" W) in Corumbá (Brazil) and classified in six maturity stages, based on the fruit skin color (Figure 1): dark green fruits (1), green fruits (2), light green fruits (3), light yellow fruits (4), yellow fruits (5) and dark yellow fruits (6). The color definition was done visually. The dark yellow fruits were chosen by the drop of the sepals. After harvest, fruits were immediately taken to Food Technology Laboratory of UFMS - Campo Grande, Brazil, and stored at ambient conditions of 53.5-57.5% relative humidity and 24-26°C.



Figure 1 – Canjiqueira fruits at six maturity stages.

Methods

In the laboratory whole fruits in six stages of maturity were analyzed for shelf life in days. This parameter was defined by observing the completion of the ripening process, which was determined the external color totally yellow and by the drop of fruit sepals. The fresh mass loss of fruits was determinate by daily weightings of 20 fruits per plot, with five replications per treatment (totalizing 600 fruits). The weightings started just after harvest (day 0) and finished in the last day of the shelf life of fruits. Results were expressed in percentage.

The subsequent analyses were done in triplicate, in the beginning of the experiment (just after fruits harvest) and in the last day of the shelf life of each stage of maturity, in order to understand this behavior during postharvest. A sample of ten fruits was crushed in skin and strained to separate the seeds. The pulp was obtained in triplicate and analyzed concerning to soluble solids (SS), determined by direct reading in refractometer (Hanna, HI 96801), with results expressed in °Brix and titratable acidity (TA), determined by AOAC Method No. 942.15 (AOAC, 1995) with results expressed in percentage of malic acid.

For the study of bioactive compounds and antioxidant activity canjiqueira fruits were grouped in: unripe fruits (stages of maturity 1 and 2), maturing (stages 3 and 4) and ripe fruits

(stages 5 and 6), at the beginning and at the end of shelf life. It was used three replications of 10 fruits, totalizing 90 fruits. The experimental groups were analyzed for ascorbic acid content, determined by titration with 2,6 dichlorophenolindophenol by AOAC Method No. 967.21 (AOAC, 1995) with results expressed in mg of ascorbic acid by 100 g of fresh pulp. It was obtained an extract of sample using a hydroalcoholic solvent. The choice of the solvent system was defined by previous test that indicate the blend with ethanol:water (60:40 v/v) optimized the extraction of the bioactive compounds studied. The extract was obtained according to ROESLER et al (2007). After it was measured tannin content by spectroscopy with Folin-Dennis reagent according to AOAC Method No. 952.03 (AOAC, 1995) with results express in g of tannic acid equivalents (TAE) per 100 g of fresh pulp and the total phenolics by the Folin-Ciocalteau colorimetric method (SWAIN & HILLIS, 1959) with results expressed as g of gallic acid equivalents (GAE) per 100 g of fresh pulp. Antioxidant capacity was determined by the free radical scavenging activity using DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Absorbance was measured at 517 nm and it was made a curve with different extract concentration. The IC₅₀ value was defined as the concentration of sample in mg.mL⁻¹ of fresh pulp necessary to reduce the initial DPPH concentration in 50%.

All results are expressed on fresh mass.

Statistical analysis

It was used a completely randomized design. Results were expressed on mean and standard deviation, submitted ANOVA F test and, when necessary, means were compared by Tukey test ($p < 0.05$) by using Origin 7.0 (OriginLab, Northampton, MA).

RESULTS AND DISCUSSION

In the day of beginning of experiment fruits were in good condition. The fall of the sepals of fruits in each stage of maturity, which determinate its shelf life, occurs in the second day of storage for fruits in stages 5 and 6, in the third day for fruits in stages 3 and 4, and in the sixth day for fruits in stages 1 and 2. Thus the fresh mass loss (Figure 2) was determined in two days for fruits in stages 5 and 6, in three days, for stages 3 and 4, and in six days for stages 1 and 2.

The Figure 2 presents fresh mass loss and the shelf life in days of canjiqueira fruit in different stages of ripening stored at ambient conditions. Fresh mass loss (FML) increased with the ripening process that occurs during ambient storage and the effect of the maturity stage of canjiqueira fruits was different over the days. In the first day of storage FML didn't

differ between stages of maturity. In the second day of storage the weight loss did not differ for fruits in stages 1, 3, 4 and 5 (mean $8.40 \pm 0.34\%$), and differ statistically ($p < 0.05$) for fruits in stages of maturity 2 ($6.87 \pm 0.28\%$) and 6 ($10.10 \pm 0.47\%$). FML in fruits occur during storage because of the water lost by transpiration, caused by the difference in vapor pressure between the fruit and environmental (SOUSA et al., 2000).

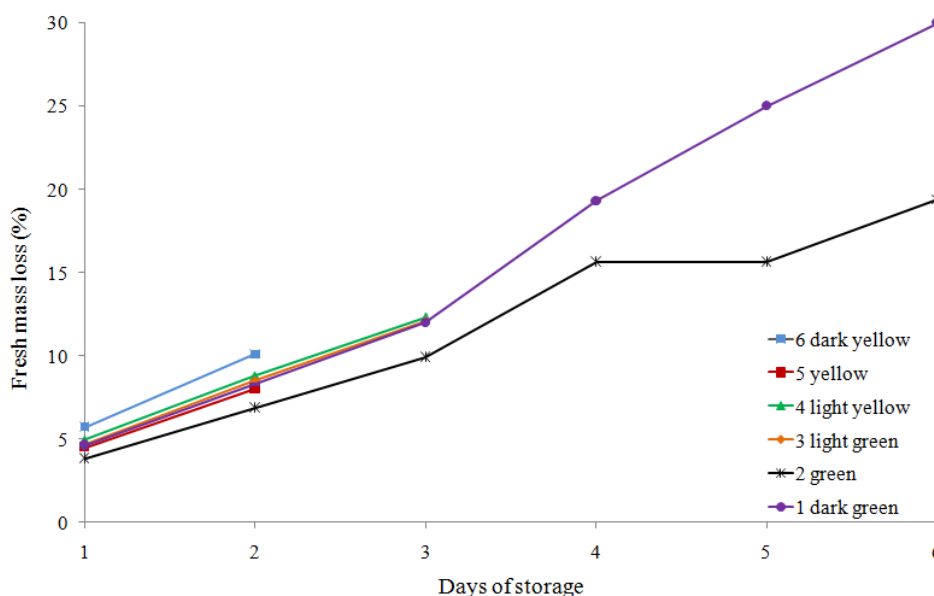


Figure 2 - Fresh mass loss of *Byrsonima cydoniifolia* fruits in six stages of maturity under ambient conditions (24-26°C and relative humidity of 53.5-57.5%).

In the second day of storage in ambient conditions fruits in stages 5 and 6 completed ripening process. However in this moment the most evident characteristic in fruits on stage of maturity 6 was the pulp softening, indicating the initiation of the senescence process. The peel shrinkage and reduce of pulp resistance are result of ripening process (CHITARRA & CHITARRA, 2005). In the third day of storage fruits from stages 5 and 6 became unfit for consumption.

Fruits in stages of maturity 1 and 2 maintained good appearance for a longer time, but the days of storage increased the FML of this fruits. Fruits in stage 1 lost more moisture, about 30% six days after harvest, followed by fruits in stage of maturity 2, with 19.4% of moisture loss six days after harvest (Figure 2). Fruits in stages of maturity 3 and 4 after three days of storage, when the ripening process was concluded, lost about 12% of weight and after this period they came into senescence.

In general the ripening process of canjiqueira fruits occurs very fast. That can be observed by the short useful life presented for fruits. Santos (2009) studied FML of acerola (*Malpighia emarginata*) fruits stored at room temperature and observed 30% of weight loss

after 16 days. Canjiqueira are of the same family and have similar shape but are smaller than acerola fruits, having largest contact surface that can probably increase results of FML.

Results of titratable acidity and soluble solids of canjiqueira fruits just harvest and at the end of shelf life in six stages of maturity are presented in Table 1.

Table 1 - Means and respective deviations of titratable acidity and soluble solids of canjiqueira fruits in six stages of maturity, just after harvest and at the end of shelf life.

Stage of maturity	Just after harvest		At the end of shelf life	
	T.A.	S.S. (°Brix)	T.A.	S.S. (°Brix)
1 dark green	2.17±0.05 ^{Aa}	20.43±0.11 ^{Aa}	1.76±0.00 ^{Ba}	8.97±0.06 ^{Bd}
2 green	2.03±0.01 ^{Ab}	15.53±0.06 ^{Ab}	1.70±0.02 ^{Bab}	9.70±0.26 ^{Bc}
3 light green	1.91±0.01 ^{Ab}	13.56±0.21 ^{Ac}	1.52±0.03 ^{Bc}	10.80±0.20 ^{Bb}
4 light yellow	1.86±0.02 ^{Abc}	12.43±0.40 ^{Ad}	1.34±0.06 ^{Bd}	11.30±0.46 ^{Bb}
5 yellow	1.81±0.01 ^{Abc}	10.86±0.55 ^{Ae}	1.51±0.04 ^{Bb}	11.17±0.21 ^{Ab}
6 dark yellow	1.64±0.16 ^{Ac}	10.60±0.26 ^{Ae}	1.79±0.01 ^{Aa}	11.40±0.23 ^{Aa}

T.A. = Titratable Acidity (g of malic acid 100 g⁻¹); S.S. = Soluble Solids.

In each column, means followed by equal small letters are not significantly different at $p < 0.05$ according to Tukey's test. In each line, means of T.A. and, separately, means of S.S., followed by equal capital letters are not significantly differently at $p < 0.05$, according to Anova F test.

Acidity is an index for quality and maturity evaluation of some fruits. The titratable acidity showed a small decrease from stages of maturity 1 to 6 just harvested (Table 1). After the ripening process it was observed the same trend for stages 1 to 5, except of the increasing of T.A. observed in stage 6. Besides the minimal changes, T.A. of fruits was affected ($p < 0.05$) by the maturity stage both just after harvest and after the end of shelf life.

Postharvest process decreased statistically ($p < 0.05$) the titratable acidity of canjiqueira fruits, except for fruits in stage of maturity 6 (Table 1). The reduce of acidity during de ripening process occurs due to the catabolism of some acids used as substrate for fruit respiration and is important in synthesis of volatiles compounds (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Only fruits on stage 6 showed an increasing in TA on postharvest, probably due to the deterioration caused by the advanced maturity stage of the fruit. Titratable acidity can be an indicative of fruits postharvest conservation. Acidity is not just related with the relative sweetness of food products but is an important index quality for food industry (AROUCHA et al., 2010).

Ripe fruits of canjiqueira showed higher acidity when compared to other species of the same genus. Vallilo et al. (2007) found for murici (*Byrsonima verbascifolia*) mature fruits acidity of 0.8 g of malic acid 100 g⁻¹ of pulp. Canuto et al. (2010) describe that murici

(*Byrsonima crassifolia*) mature fruits presents 1.0 g of malic acid 100 g⁻¹ of pulp. Chemical composition of fruits depends on species, environmental conditions and stage of maturity (VENDRAMINI; TRUGO, 2000).

In general ripe fruits have high levels of soluble solids (SS) than unripe due to the conversion of insoluble polysaccharides in soluble sugar. Observing canjiqueira fruits just after harvest (Table 1) the SS was higher in green fruits, decreasing from 20.43°Brix (stage 1) to 10.60°Brix (stage 6). After the ripening process during storage fruits in stages of maturity 1 to 4 showed a decreased in SS content, while fruits in stages 5 and 6 increased this characteristic.

A similar pattern was verified for tannin content of canjiqueira fruits. The tannin content (Table 2) was statistically higher in unripe fruits (stages 1 and 2) when compared to maturing (stages 3 and 4) and to ripe ones (stages 5 and 6). Tannins can be classified as hydrolysable (ex. tannic acid) and non-hydrolysable (SINGLETON; KRATZER, 1973). The first ones after hydrolyses produce phenolic acids (galic, elagic, caffeic) and a sugar (SGARBIERI, 1996). The highest SS detected by refractometry in first stages of maturity fruits can be caused by the high tannin content observed in this fruits.

Tannins can complex with proteins producing agglomerates and, depending on concentration of these compounds, can form precipitates causing turbidity (CARVALHO, 2007). This turbidity of precipitate complex tannins-proteins can have caused misreading on refractometer, increasing the results of soluble solids in green canjiqueira fruits. Tannin precipitation is also related with sense of astringency (GAMBUTI et al., 2006).

The postharvest affected the soluble solids content of fruits in all stages of maturity (Table 1), decreasing values from stages 1 to 4 ($p < 0.05$) and increasing for stages 5 and 6 ($p > 0.05$).

The SS of ripe canjiqueira were similar to those 10.67 °Brix found in *Byrsonima verbascifolia* ripe fruits for Guimarães and Silva (2008). SS content depends on the type of soil, climate, rainfall and harvest time (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Fruits in stage of maturity 1 didn't get yellowish after storage, didn't showed fall of sepals and presented high fresh mass loss (30%). Fruits in stages from 2 to 6 complete ripening during storage, but fruits in stage of maturity 6 showed the fall of sepals right after the harvest and in the second day of storage presented the softening of pulp, indicating the beginning of senescence process. Besides the ripening process didn't affect ($p > 0.05$) levels of T.A. of fruits in stage of maturity 6, and this index showed increase. For commercial purposes high soluble solids content and low acidity are desirable. Results presented indicate that

canjiqueira fruits in stages of maturity 4 and 5 are the right points for fruit harvest, due to the better quality indexes showed. On the field the flow of fruit production or fruit cooling sometimes is slow. In this case fruits must be harvest on stage 4. If the fruit industrialization is immediate, fruits can be harvest on stage 5.

Changes in fresh mass loss, acidity and soluble solids observed in different maturity stages on the postharvest of fruits indicate canjiqueira to be a climacteric fruit.

The levels of total phenols, tannins and ascorbic acid content of canjiqueira fruits in different stages of maturity, just after harvest and at the end of shelf life, are presented in Table 2.

Table 2 - Total phenols, tannins, ascorbic acid and IC₅₀ of unripe, maturing and ripe canjiqueira just after harvest and at the end of shelf life.

Stage of maturity	Days after harvest	Total phenols (mg GAE.100 g ⁻¹)	Tannin (mg TAE. 100 g ⁻¹)	Ascorbic acid (mg.100 g ⁻¹)	IC ₅₀ (mg.mL ⁻¹)
Just after harvest					
Unripe	0	124.26±5.86 ^a	179.15±0.48 ^a	198.01±9.13 ^a	0.50±0.09 ^e
Maturing	0	90.49±6.36 ^b	138.31±1.03 ^b	144.00±4.78 ^c	1.10±0.05 ^d
Ripe	0	44.68±4.18 ^c	65.53±0.95 ^c	95.40±6.82 ^e	2.90±0.09 ^c
At the end of shelf life					
Unripe	6	18.99±0.66 ^d	22.90±2.32 ^d	108.70±4.35 ^d	4.40±0.19 ^b
Maturing	3	18.78±1.51 ^d	23.80±0.06 ^d	143.60±5.45 ^c	6.20±0.68 ^{ab}
Ripe	2	19.19±0.26 ^d	23.95±0.73 ^d	158.60±1.74 ^b	7.30±1.03 ^a

GAE = gallic acid equivalent; TAE = tannic acid equivalent. Means followed by the same letter in the column do not differ by the Tukey test at 5% of probability.

Pantanal is source of many fruits with potential in providing new nutritional compounds. The species canjiqueira is larged distributed in Pantanal and have been used for local community in diet. Studies in canjiqueira of sources of bioactive compounds, such as polyphenols, tannins and ascorbic acid, can provide natural antioxidants for use in processed food and to prevent oxidative damage in human health and contribute for species preservation and sustainable development of this region.

Previous studies showed that extraction of total phenolic compounds and tannins of the hydroethanol extract were better than methanol and aqueous extracts prepared with the same ratio (PRATES, 2012). Thus, the hydro ethanol solvent was chosen to extract and determine phenolic compounds and tannins in this work.

Among the fruits analyzed just after harvest, unripe fruits showed the highest values of total phenols, tannins and ascorbic acid and the lowest value of IC₅₀, indicating that at this stage of maturity the antioxidant capacity of canjiqueira fruits is higher. Levels of all

bioactive compounds studied decrease with the advance of maturity stage and the postharvest reduce statistically ($p < 0.05$) these parameters for unripe, maturing and ripe fruits, except for ascorbic acid content of ripe fruits. The effect observed of ripening process on reducing levels of bioactive compounds was higher than the effect of fruit maturity stage at harvest.

Total phenols (TP) in fruits just harvest ranged from 124.26 mg GAE.100 g⁻¹ in unripe canjiqueira, 90.49 mg GAE.100 g⁻¹ in maturing fruits and 44.68 mg GAE.100 g⁻¹ in ripe ones, with statistically difference. After fruit storage TP content varied from 18.99 mg GAE.100 g⁻¹ (unripe fruits) to 19.19 mg GAE.100 g⁻¹ (ripe fruits), with no statistical difference. Some authors have related the decrease in total phenol content with fruit maturing (BRANDÃO et al., 2011; KULKARNI & ARADHYA, 2005; ZAREI et al., 2011).

Polyphenolic compounds can scavenge free radicals been converted in quinones. For this reason this compounds play in important role as antioxidants in processed food and in human health (MOURE et al., 2001). The reducing in phenolic compounds can be result of the oxidation caused by polyphenol oxidases (AMIOT et al., 1995) characteristics of mature fruits. The reducing in total phenolic content indicates fruit maturity (BRANDÃO et al., 2011).

The levels of total phenols (Table 2) in ripe canjiqueira fruits extract (44.68 g GAE.100 g⁻¹ fresh mass) were lower than those previously reported for fruits of the same family. Abadio Finco et al. (2012) studied total phenolics of *Byrsonima crassifolia* fruits and found 298.26 ± 8.06 mg GAE.100 g⁻¹ of fresh pulp, while in Barreto et al. (2009) research this species showed 384.5 ± 7.7 mg GAE.100 g⁻¹ of fresh pulp. Phenolic compounds are responsible for color, flavor and astringency of fruits (PELEG et al., 1998) and are great responsible for antioxidant activity of fruits (HEIM et al., 2002). Results observed suggest that unripe canjiqueira fruits have high potential in preventing oxidative damage in health caused by free radicals.

Tannins play an important role in human health and are implicated with numerous biological properties (ZAREI et al., 2011). Unripe canjiqueira fruits presented (Table 2) the highest levels of tannins. Results decrease statistically ($p < 0.05$) with stage of maturity, but the reducing effect of postharvest process was higher. After ambient storage tannin content reduce to 23.95 ± 0.73 mg TAE.100 g⁻¹ in ripe fruits, being a minimum of 22.90 ± 2.32 mg TAE.100 g⁻¹ in unripe fruits (Table 2). During maturity occurs the polymerization of tannins by the action of acetaldehyde, converting it into sugars, or by consumption that occurs during fruit respiration (GALVANI et al., 2006).

The presence of tannins in food can either caused undesirable characteristics. Astringency is as negative sensory attribute that cause food rejection and in food is an indicative of immature (LESSCHAEVE and NOBLE, 2005). Non polymerized tannins showed higher astringency. With fruit maturity they turn into more condensed forms, explaining the reduce in astringency of ripening fruit (AQUARONE et al., 1983). In addition, in this study the high levels of tannins in unripe canjiqueira fruits was associated with a misreading on refractometer and with the high values of soluble solids in unripe fruits.

The ascorbic acid in fruits control oxidation-reduction reaction and has antioxidant activity (KULKARNI & ARADHYA, 2005). This vitamin play in important role in the immune system, acting against infections and cancer cells (GLASSER et al., 1999). During ripening several changes occurs in fruits, like increases of respiratory levels, ethylene production and changes in firmness, vitamins and mineral contents (CHITARRA; CHITARRA, 2005). In this study, for fruits just harvest the ascorbic acid concentration reduce significantly ($p < 0.05$) about 27% from unripe to maturing fruits and 34% from unripe to ripe ones (Table 2).

On postharvest, the ascorbic acid content reduced significantly ($p < 0.05$) for unripe and maturing fruits. Results are in agreement with Zarei et al. (2011), that observed the reducing in ascorbic acid content with ripening of pomegranate (*Punica granatum* L.), and with Brandão et al. (2011), in study of ripening of jambolan (*Syzygium cumini* L.) fruits. For ripe canjiqueira fruits the ripening process caused an increase in ascorbic acid content from 95.40 to 158.60 mg.100 g⁻¹.

Ripe canjiqueira fruits presented higher ascorbic acid content (95.40 ± 6.82 mg.100 g⁻¹) than murici (*Byrsonima crassifolia*) fruits, with 0.4 mg.100 g⁻¹ (BARETO et al., 2009) and 0.3 mg.100 g⁻¹ (CANUTO et al., 2010). Under nutritional view canjiqueira can be considered a good source of ascorbic acid. Considering medium mass of the fruit (1.60 g), ingestion of 30 fruits can supply the daily requirement of this vitamin of 45 mg (BRASIL, 2005).

Unripe fruits, that showed high levels of bioactive compounds, also presented a greater antioxidant capacity. The highest value of IC₅₀, that represents a high concentration of extract required to inhibit oxidation of DPPH at 50%, was detected in ripe canjiqueira fruits (2.90 ± 0.09 mg.mL⁻¹ after harvest and 7.30 mg.mL⁻¹ at the end of shelf life). Lowest IC₅₀ value occurs in unripe fruits (0.50 mg.mL⁻¹ after harvest and 4.40 mg.mL⁻¹ at the end of shelf life). Results showed that maturity stage at harvest and postharvest at ambient conditions significantly affect ($p < 0.05$) the antioxidant capacity of canjiqueira fruits.

Data found for IC₅₀ value in hydroethanolic extract of ripe canjiqueira fruits (2.90 mg.mL⁻¹) is higher than those report for ethanolic extract of murici (0.15 mg.mL⁻¹) fruits (MALTA, 2011), but the low IC₅₀ values found for unripe, maturing and ripe fruits still indicate a great antioxidant capacity this species.

Results indicate that functional properties of *Byrsonima cydoniifolia* are greater in unripe fruits (than in ripe ones) which showed highest levels of bioactive compounds and lowest IC₅₀ value. Previous results of antioxidant activity by *in vitro* assays are important to indicate de potential of the sample studied to provide good functional properties. Future studies, such as *in vivo* assays and identification of the compounds with the antioxidant properties, can deepen knowledge about the species, contributing to it's enrich.

CONCLUSIONS

The quality indexes of canjiqueira were affected by the stage of maturity and by the postharvest conservation during ambient storage. Fresh mass loss increased, while titratable acidity reduced with the advancing of fruit maturity stage and with postharvest process. Soluble solids reduced with stage of maturity after the harvest, increasing after ambient storage. Postharvest increase soluble solids content just for fruits in stages 5 and 6. Canjiqueira fruits in stages of maturity 4 and 5 are the right points for fruit harvest, due to the better quality indexes showed. Results indicate canjiqueira to be a climacteric fruit.

Canjiqueira unripe fruits showed levels of bioactive compounds significantly higher than maturing and ripe ones, suggesting the species have high potential in preventing oxidative damage in health caused by free radicals. The postharvest conservation affect significantly levels of bioactive compounds, reducing all substances studied and increasing the IC₅₀ value. The effect of ripening process on reducing antioxidant capacity of fruits was higher than the effect of maturity stage. Only ripe fruits showed an increase in ascorbic acid content after postharvest.

Data present is important to get known the right point of harvest of canjiqueira fruits and the potential of use as a natural source of antioxidant compounds of this abundant species from the Pantanal. Results contribute to valorize regional products and to species preservation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES, Brazil) and *Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul* (FUNDECT, Brazil) for the fellowship awarded.

Literature Cited

- Abadio Finco, F.D.B.; Silva, I.G. and Oliveira, R.B. 2012. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of three native fruits from Brazilian savannah (Cerrado). *Alim Nutr.* 23:1-6.
- Amiot, M.J.; Tacchini, M.; Aubert, S.Y. and Oleszek, W. 1995. Influence of cultivar, maturity stage and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *J. Agri. Food Chem.* 43:1132-1137.
- Aquarone, E.; De Almeida, U. and Borzani, W. 1983. Biotecnologia. In: *Alimentos e Bebidas produzidos por fermentação*. Ed. Edgard Blucher, São Paulo: 237p.
- Aroucha, E.M.M.; Goias, V.A.; Leite, R.H.L.; Santos, M.C.A. and Souza, M.S. 2010. Acidez em frutas e vegetais. *Agroec Desenv Sustent.* 5:01-04.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16.ed. AOAC, Arlington.
- Barreto, G.P.M.; Benassi, M.T. and Mercadante, A.Z. 2009. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *J. Braz. Chem. Soc.* 20:1856-1861.
- Bhat, R.; Ameran, S.B.; Karim, A.A. and Liong, M.T. 2011. Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. *Food Chem.* 127:641–644.
- Brandão, T.S.O.; Sena, A.R.; Teshima, E.; David, J.M. and Assis, S.A. 2011. Alterações enzimáticas, compostos fenólicos, taninos e vitamina C em diferentes estádios de maturação do fruto Jamelão (*Syzygium cumini* Lamark). *Ciênc Tecnol Aliment.* 31:849-855.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss u-Technol.* 28:25-30.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2005. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária

- recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. 1018p.
- Canuto, G.A.B.; Xavier, A.A.O.; Neves, L.C. and Benassi, M.T. 2010. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Rev Bras Frutic.* 32:1196-1205.
- Carvalho, E.B. 2007. Estudos da interação entre proteínas e taninos: Influência da presença de polissacarídeos. Tese (Doutorado em Química) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. 193p.
- Chitarra, M.I.F. and Chitarra, A.B. 2005. Pós-colheita de frutas e vegetais: fisiologia e manuseio. UFLA. 785p.
- Damasceno Junior, G.A. and Souza, P.R. 2010. Sabores do Pantanal e Cerrado: receitas e boas práticas de aproveitamento. Campo Grande: UFMS. 141p.
- Galvani, D.F.G.; Eidam, T. and Ayala, L.A.C. 2006. Rendimento e análise sensorial do caqui ‘Giombo’ desidratado. In: Encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais. Ponta Grossa: UEPG.
- Gambuti, A., Rinaldi, A., Pessina, R. and Moio, L. 2006. Evaluation of *Aglianico* grape skin and seed polyphenol astringency by SDS-PAGE electrophoresis of salivary proteins after the binding reaction. *Food Chem.* 97:614–620.
- Gil, E.S.; Serrano, S.H.P.; Soares, L.A. and Rezende, K.R. 2005. Atividade antioxidante do extrato etanólico de canjiqueira (*Byrsonima orbygniana*). *Rev Eletr Farm.* 2:85-88.
- Glasser, R.; Rabin, B.; Chesney, M.; Cohen, S. and Natelson, B. 1999. Stress-induced immunomodulation: implications for infectious disease? *J Amer Med Assoc.* 281:2268-2270.
- Guimarães, M.M. and Silva, M.S. 2008. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). *Ciênc Tecnol Alim.* 28:817-821.
- Heim, K.E.; Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J. Nutr. Biochem.* 13:572-584.
- Herrera-Hernández, M.G.; Guevara-Lara, F.; Reynoso-Camacho, R. and Gúzman-Maldonado, S.H. 2011. Effects of maturity stage and storage on cactus berry (*Myrtillocactus geometrizans*) phenolics, vitamin C, betalains and their antioxidant properties. *Food Chem.* 129:1744-1750.
- Kluge, R.A.; Nachtigal, J.C.; Fachinello and Bilhalva, A.B. 2002. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. Ed Rural: Campinas, 214 p.

- Kulkarni, A.P. and Aradhya, S.M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chem.* 93:319–324.
- Lesschaeve, I.E. and Noble, A.C. 2005. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *Amer J Clin Nutr.* 81:330S-335S.
- Malta, L.G. 2011. Avaliação biológica de frutas do Cerrado Brasileiro: guapeva, guariroba e murici. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade de Campinas, 225p.
- Moure, A.; Cruz, J.M.; Franco, D.; Dominguez, J.M.; Sineiro, J.; Dominguez, H.; Nunez, M.J. and Parajo, J.C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chem.* 71:145-171.
- Peleg, H., Bodine, K.K. and Noble, A.C. 1998. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. *Chem Senses.* 23:371-378.
- Prates, M.F.O.; Hiane, P.A. and Campos, R.P. 2012. Effect of solvent type on phenolics and tannin content and antioxidant activity in canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* a. Juss.) extracts. *Proc. 16th World Congress of Food Science and Technology*. Foz do Iguaçu, Brazil 5-9 Aug.
- Proteggente, A.R.; Pannala, A.S.; Van Buren, L.; Wagner, E.; Wiseman, S.; Van De Put, F.; Dacombe, C. and Rice-Evans, C.A. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruits and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Rad. Res.* 36:217-233.
- Roesler, R.; Malta, L.G.; Carrasco, L.C.; Holanda, R.B.; Souza, C.A.S.; Pastore, G.M. 2007. Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 27(1): 53-60.
- Santos, ML. 2009. Resfriamento rápido de acerola por ar forçado: avaliação dos parâmetros físicos, físico-químicos, sensoriais e do processo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. 123p
- Santos, S.A.; Abreu, U.G.P.; Tomich, T.R.; Comastri Filho, J.A. e Crispim, S.M.A. 2008. Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade. In: Albuquerque, ACS; Silva, AG *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2:535-570.
- Sgarbieri, V.C. 1996. Proteínas em alimentos proteicos. São Paulo: Varela. 517p.
- Singleton, V.L. and Kratzer, F.H. 1973. Plant phenolics. In: *National Academy of Sciences. Toxicants occurring naturally in foods*. Washington. 309-345.

- Sousa, R.F.; Filgueiras, H.A.C.; Costa, J.T.A; Alves, R.E.A. and Oliveira, A.C. 2000. Armazenamento da ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. Rev Bras Frutic. 22:334-338.
- Swain, T. and Hillis, W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. J Sci. Food Agric. 10:63-68.
- Valilo, M.I.; Pastore, J.A.; Eston, M.R.; Garbelotti, M.L. and Oliveira, E. 2007. Caracterização química e valor nutricional dos frutos de *Byrsonima myricifolia* Griseb (*Malpighiaceae*) – alimento de aves silvestres. Rev Inst Flor. 19:39-45.
- Vendramini, A.L. and Trugo, L.C. 2000. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. Food Chem. 71:195-198.
- Villanueva, M.J.; Tenorio, M.D.; Esteban, M.A. and Mendoza, M.C. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. Food Chem. 87:179-185.
- Zarei, M.; Azizi, M. and Bashir-Sadr, Z. 2011. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. Fruits. 66:121-129. Available on:
http://mashhad.academia.edu/MehdiZarei/Papers/892189/Evaluation_of_physicochemical_characteristics_of_pomegranate_Punica_granatum_L._fruit_during_ripening. Access in jun 19, 2012.

Capítulo 2 - NUTRITIONAL POTENTIAL AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF UNRIPE AND RIPE CANJIQUEIRA (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) FRUITS AS AFFECTED BY JELLY PROCESSING

Potencial nutritive e compostos bioativos de frutos de canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) verdes e maduros afetados pelo processamento de geleia

Mariana Ferreira Oliveira Prates¹
Raquel Pires Campos²
Michelly Moraes Barbosa da Silva³
Priscila Aiko Hiane²
Manoel Mendes Ramos Filho²
Maria Lígia Rodrigues Macedo³

ABSTRACT

The processing of fruits can contribute to its preservation and to add value to them, but it's important to know its implications. The influence of jelly processing on physical and chemical properties, nutrients, antinutritional factors, bioactive compounds and antioxidant activity of unripe and ripe canjiqueira fruits was evaluated. Fruits were harvest at the Pantanal of Corumbá, Brazil, and used to produce jellies of unripe and ripe fruits. Mineral content of differ ($p<0.05$) for unripe and ripe fruits, with the highest levels found for potassium, calcium and magnesium in unripe fruits. Jellies showed lower pH and higher acidity and soluble solid content when compared to fresh fruits. Processing affected levels of all nutrients, except for lipids. The moisture and protein content reduced, due to the heat treatment, and energy value increased because of the sucrose addition. The phytic acid content detected on *in natura* fruits were eliminate in both jellies and the trypsin inhibitors were reduced, specially on ripe fruit jelly. It wasn't verified lectin activity in unripe and ripe fruits and jellies. Levels of bioactive compounds and the antioxidant activity were reduced ($p<0.05$) after jelly processing both for unripe and ripe fruits. The retention of all bioactive compounds studied were high in unripe fruits. Final levels of these compounds on unripe fruit jelly was higher than on ripe *in natura* fruits, indicating higher potential in prevent health damages. After processing the IC₅₀ value of unripe jelly was higher than ripe jelly. Jelly processing showed to be a good

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS - Unidade de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública/UTASP – Cx. P. 549 – 79070-900 – Campo Grande, MS – fo.mariana@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS - Unidade de Tecnologia de Alimentos e Saúde Pública/UTASP – Campo Grande, MS

³ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS - Laboratório de Purificação de Proteínas e Função Biológica/LPPFB – Campo Grande, MS

alternative to the use of canjiqueira fruits due to the reduction of antinutritional factors, the retention of levels of total phenols, ascorbic acid, tannins and the maintenance of antioxidant capacity of fruits.

Index terms: mineral content, phytic acid, trypsin inhibitors, total phenols, antioxidant activity.

RESUMO

O processamento de frutos contribui para sua preservação e para agregar valor aos mesmos, mas é importante conhecer suas implicações. O efeito do processamento de geleia nas propriedades físicas e químicas, nos nutrientes, fatores antinutricionais, nos compostos bioativos e na atividade antioxidante de frutos de canjiqueira verdes e maduros foi avaliada. Os frutos foram coletados no Pantanal de Corumbá, Brasil, e utilizados para produzir geleias de frutos verdes e maduros. O conteúdo em minerais diferiu ($p < 0,05$) para frutos verdes e maduros, sendo os maiores valores encontrados para potássio, cálcio e magnésio em frutos verdes. As geleias apresentaram menor pH e maior acidez e teor de sólidos solúveis que os frutos frescos. O processamento afetou os níveis de todos os nutrientes ($p < 0,05$), exceto os lipídeos. A umidade e o teor de proteínas reduziram, enquanto o valor energético aumentou devido à adição de sacarose. O teor de ácido fítico detectado nos frutos frescos foi eliminado nas geleias de frutos verdes e maduros e os níveis de inibidores de tripsina foram reduzidos, especialmente na geleia de frutos verdes. Não foi verificada atividade de lectinas nos frutos e geleias estudados. Os níveis de compostos bioativos e a atividade antioxidante dos frutos foram reduzidas ($p < 0,05$) após o processamento das geleias. A retenção dos compostos bioativos estudados foi maior nos frutos verdes. Os níveis desses compostos foram maiores em frutos e geleia de frutos verdes que nos fruto e geleia de frutos maduros, indicando que os primeiros têm maior potencial em prevenir danos à saúde. Após o processamento o valor de IC_{50} foi maior na geleia de frutos verdes. O processamento de geleia se mostrou uma boa alternativa para o aproveitamento de frutos de canjiqueira devido à redução de fatores antinutricionais, à retenção de ácido ascórbico, compostos fenólicos, taninos e à manutenção da capacidade antioxidante dos frutos.

Termos para indexação: minerais, ácido fítico, inibidores de tripsina, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

INTRODUCTION

Byrsonima cydoniifolia A. Juss., locally called canjiqueira, is a *Malpighiaceae* very common in Pantanal, where is found under different ecological conditions, occurring both in dry and locations subject to flooding during the flood season (Santos et al., 2008). This species can form large clusters, called canjiqueirais, which favors the fruit harvest by rural communities, used by them as juice. Canjiqueira is a shrubby tree with leaves in light green color, clearest in the bottom. The fruits ripens between september and march and are yellow when ripe (Damasceno Júnior & Souza, 2010).

There is a potential and growing market for native fruits use on diet, but under-utilized by local communities and explored only on extractive way. Several species of fruits are currently being studied, most are totally wild and non-domesticated (Ribeiro & Rodrigues, 2006). The potential of use of native species of Brazilian territory on diet is high, either *in natura* or processed, and depends on some information about its nutritional and functional properties. The consumption of native fruits is especially important because it's also an increment of nutrition and finance for people in the production region.

Changes in population life style and feed in major urban centers have caused health problems such as diabetes and hypertension, encouraging fruit consumption. The use of fruits on diet in search of its functional properties is a factor that can contribute to increase its consumption (Fachinello et al., 2009). Studies have showed that diets rich in antioxidants compounds contribute to reduce the incidence of chronic diseases, such as cardiovascular and neurodegenerative diseases and cancer (Gonzalez, 2006). This protective effect is related to de presence of physiologically active substances such as carotenoids, vitamins, phenolic compounds and minerals (Moraes & Colla, 2006).

Great attention has been given to fruits in general because of the compounds with antioxidant properties they provide, but data are still scarce on the effects of processing, such as jelly, on the antioxidant capacity and phenolic compounds (Kim & Padilla-Zakour, 2004). Processing cause nutritional changes in food but also makes them sensorially more attractive to the consumers and increases its shelf life (Silva et al., 2006). Processing still can readily affect levels of some bioactive compounds of fruits and vegetables due to the exposure to oxygen and long periods of high temperature (Rodriguez-Amaya, 1999), but also contributes to reduce postharvest losses and to add value to the unripe material.

The processing of jellies is an alternative to increase the shelf life and add value of fruits (Gava et al., 2008). The development of a canjiqueira jelly would contribute to add

value to this exotic and not widely known fruit and create an alternative income to communities of the Pantanal region.

Studies have been done to relate the effects of processing on food nutrients, but are recent the papers involving the retention of bioactive compounds and are scarce data on native fruits. The objectives of this work were (1) to study physical characteristics and mineral content of canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) unripe and ripe fruits, (2) to study the effect of jelly processing on chemical characteristics, nutrients, antinutritional factors of unripe and ripe canjiqueira, (3) to evaluate the retention of bioactive compounds and the antioxidant properties of unripe and ripe canjiqueira fruits as affected by jelly processing.

MATERIAL AND METHODS

Material

Canjiqueira fruits were harvested in Pantanal regions (19°34'37" S; 57°00'42" W) of Corumbá (Mato Grosso do Sul) at two ripening stages, based on the fruit skin color: unripe (green) and ripe (yellow). Fruits were selected based on absence of visual defects, washed, sanitized on a sodium hypochlorite solution (200 µg mL⁻¹) and stored at 12°C until use. The physical properties were measured. Thirty fruits from each stage of maturity were randomly taken and the average mass and diameter were estimated. Then fruits were crushed in skin and strained to separate the seeds. The pulp (pulp and peel) yield was measured. Three batches of fifty fruits from each stage of maturity were randomly selected, the pulp was obtained in triplicate and subjected to analysis.

Mineral content

The pulps obtained in triplicate were subject to analysis of mineral content. Samples were dried, mashed and weighed (200 mg), then wet-ashed overnight with 4mL of HNO₃:HClO₄ 2:1 (v/v). The samples were placed in digestion block at 100°C for 45 minutes. After cooling were added 2mL of the solvent mixture and samples were heated at 200°C for 1 hour. Samples were analyzed by using atomic absorption spectrophotometer (Varian, 200 FS) for the specific minerals Fe, Zn, Na, K, Cu, Mg, Mn and Ca according to AOAC method No. 970.12 (AOAC, 1995). Results were expressed as mg 100 g⁻¹ of dry matter. It was used standard solutions of known concentration for quantification of each mineral.

Jelly processing

Afterwards, the unripe and ripe fruit pulps were used to produce canjiqueira jellies with a ratio fruit pulp:sucrose of 40:60 (m/m), in triplicate, according to Almeida (1999) methodology. The ratio was used based on previous studies. Approximately 200 g of each pulp were homogenized in a blender with 200 g of water and taken to heating until first boiling, when 300 g of sucrose was added. The boiling continued (for about 8 minutes) until the soluble solids content of 68°Brix was achieved. The temperature reached 104°C. After the heating was stopped, it was added tartaric acid (0.80 g for unripe fruit jelly and 1.25 g for ripe fruit jelly) in order to prevent sucrose crystallization in the jelly finished, to establish the gel formed (Gava et al., 2008) and to preserve the product. It was produced 328.52 g of unripe and 328.52 g of ripe fruit jellies, that were potted (at about 86-90°C) in hot glass flasks previously sterilized, sealed and left cold in running water, leaving a space for the formation of vacuum after closing. The flasks were stored at room temperature for subsequent chemical analyses, performed at the laboratories of the Federal University of Mato Grosso do Sul. The pulp yield was calculated as the amount of pulp to produce 100 g of jelly.

Chemical characteristics

Soluble solids, pH and titratable acidity of fruits pulp and jelly were analyzed. The soluble solids were determined in refractometer (Hanna, HI 96801) and expressed in °Brix. The pH was measured using a digital potentiometer (AOAC Method No. 981.12) and titratable acidity was determined by potentiometric titration with NaOH 0.1 M until pH 8.10 according to AOAC Method No. 942.15 (AOAC, 1995).

For subsequent analysis, to estimate the effect of jelly processing, the parameters studied were determined in 100 g of *in natura* pulp and in 100 g of processed pulp, with all results expressed on fresh weight. For this it was considered that in 100 g of jelly it has 60.8 g of *in natura* pulp.

Proximate composition

Moisture content of *in natura* and processed pulp was determined by drying in oven at 105°C for 8 hours to constant weight by AOAC Method No. 31.1.02 (AOAC, 1995). Total nitrogen was determined by micro-Kjeldahl assay according to AOAC Method No. 31.1.08 and the nitrogen percentage was converted into crude protein by multiplying by the conversion factor of 6.25 (AOAC, 1995). Total lipids were determined by Soxhlet extraction according to AOAC Method No. 31.4.02, with previously acid extraction (AOAC, 1995). The

total carbohydrates content was determined by difference. After it was determined reducing sugars (glucose), disaccharides in non-reducing sugars (sucrose) and starch according to AOAC Method No. 31.034-6 (AOAC, 1995). The total caloric value was estimated using the Atwater conversion values (Wilson et al., 1982) with results expressed in kcal. The ash content was determined by calcination in muffle at 550° C to constant weight, by AOAC Method No. 31.1.04 (AOAC, 1995).

Determination of trypsin inhibitor activity, lectins and phytic acid contents

Phytic acid was determined according to the method of Latta & Eskin (1980) with results expressed on mg of phytic acid per 100 g of sample. The inhibitory activity was performed by enzymatic assay with bovine trypsin and substrate N'-benzoyl-DL-arginine-paranitroanilide (BAPNA). The medium of pre-incubation consisted in a buffer 0.05 M Tris-HCl in pH 8.0, bovine trypsin (1.0 mg dissolved in 1 mL 0.0025 M HCl) and different concentrations of the extracts (1 to 10 mg). Pre-incubation was performed in a water bath at 37 °C, then was added BAPNA reagent. The reaction was stopped with addition of 30% acetic acid. The p-nitro aniline formation was measured spectrophotometrically at 410 nm (Macedo et al., 2003). Hemagglutination assays (lectin) were performed in microtitre plates, using serial dilutions of 50 mL of 0.15 M NaCl, 50 µL of total extracts and 50 µL of a 2% suspension of human erythrocytes of type A (Freire et al., 2002).

Determination of ascorbic acid, total phenols, tannins and antioxidant activity

The ascorbic acid content was determined by titration with 2,6 dichlorophenolindophenol according to AOAC Method No. 967.21 (1995), with results expressed in mg of ascorbic acid by 100 g of sample. It was obtained an extract of each sample using a hydroalcoholic solvent. The choice of the solvent system was defined by previous test that indicate the blend with ethanol:water (60:40 v/v) optimized the extraction of the bioactive compounds studied. The obtainment of extracts of samples followed Roesler et al (2007) methodology and was done in triplicate.

The total phenolics compounds were determined by colorimetry according to Swain & Hillis (1959), using the Folin-Ciocalteu reagent and the results were expressed as mg of gallic acid equivalents (GAE) 100 g⁻¹ of fresh pulp. Tannin content was measured by spectroscopy with Folin-Dennis reagent according to AOAC Method No. 952.03 (AOAC, 1995) with results express in mg of tannic acid equivalents (TAE) 100 g⁻¹ of fresh pulp.

Antioxidant capacity was determined by the free radical scavenging activity using DPPH radical (Brand-Williams et al., 1995). A 3.9 mL aliquot of a 0.0634 mM of DPPH solution, in methanol was added to 0.1 mL of each extract and shaken. Tubes were placed at 27°C for 20 min. A control reaction was prepared as above without extract, and methanol was used for the baseline correction. Absorbance was measured at 517 nm and it was made a curve with different extract concentrations. The IC₅₀ value was defined as the concentration of sample in mg.mL⁻¹ of fresh pulp necessary to reduce the initial DPPH concentration in 50%.

Statistical analysis

A completely randomized experimental design was used with 3 replications of 50 fruit for each maturity stage, totalizing 300 fruits (2 stages x 3 replications x 50 fruits). Data were subjected to ANOVA F test and, when necessary, means were compared by Tukey test (Origin 7.0, OriginLab, Northampton, MA) to examine if differences between variables were significant ($p < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Physical characteristics

The physical characteristics of unripe and ripe canjiqueira are shown in Table 1.

Table 1. Physical characteristics of unripe and ripe canjiqueira fruits.

Stage of maturity	Mass (g)	Diameter (mm)	Pulp yield (%)
Unripe fruits	1.49±0.21 ^a	9.13±0.03 ^a	68.49 ^b
Ripe fruits	1.58±0.32 ^a	9.29±0.02 ^a	72.32 ^a

Values are means of 30 separate fruits of each sample. Means in the same column with the same letters are not significantly different ($p > 0.05$) by Anova F test.

The ripe fruits had high average fruit mass and average diameter than unripe fruits, but no statistical difference was detected ($p > 0.05$). The percentage of pulp obtainment (yield) was higher for ripe (72.32%) than for unripe (68.49%) fruits. The average mass of ripe canjiqueira fruits was 55% higher than those 1.02 g reported by Gusmão et al (2006) for murici (*Byrsonima verbascifolia*) fruits. The average diameter and pulp yield of ripe canjiqueira fruits were similar to those 9.2 mm and 73.3% reported for murici fruits (Gusmão et al., 2006).

Chemical changes

In jelly processing it wasn't necessary to add commercial pectin due to the good consistency presented by the products developed. This indicates that canjiqueira fruits have high pectin content. Unripe and ripe fruits and jellies developed are presented in Figure 1.



Figure 1 – Unripe canjiqueira fruit and jelly (A) and ripe canjiqueira fruit and jelly (B).

The changes caused by processing on the physicochemical parameters of canjiqueira fruits are presented in Table 2.

Table 2. Physicochemical changes with jelly processing of unripe and ripe canjiqueira fruits.

Parameters	Unripe fruits		Ripe fruits	
	Fresh pulp	Jelly pulp	Fresh pulp	Jelly pulp
pH	3.27±0.06 ^b	3.02±0.05 ^c	3.41±0.03 ^a	3.06±0.04 ^c
Titrateable acidity*	1.08±0.04 ^c	2.42±0.06 ^a	0.96±0.07 ^c	1.93±0.11 ^b
Soluble solids (°Brix)	17.00±0.30 ^b	68.60±1.71 ^a	12.60±0.72 ^c	68.97±1.42 ^a

*g of malic acid 100 g⁻¹. Means in the same row with the same letters are not significantly different (p>0.05) by Tukey's Test.

The pH of unripe canjiqueira fruits differ (p<0.05) from pH of ripe fruits, being slightly lower. With ripening process occurs the catabolism of some acids used as substrate for fruit respiration (Chitarra & Chitarra, 2005). After processing the pH of both jellies significantly (p<0.05) reduce due to the addition of tartaric acid to the pulps before processing aiming the preservation of product and great gel formation in jelly. The titrateable acidity increase from 1.08 to 2.42 g of malic acid 100 g⁻¹ in unripe fruits and from 0.96 to 1.93 g of malic acid 100 g⁻¹ in ripe fruits.

Soluble solids of fruits are an important characteristic for food industry. During fruit maturing the polysaccharides are converted in soluble solids, increasing these values (Chitarra & Chitarra, 2005). Unripe canjiqueira fruits showed higher levels of soluble solids (17°Brix) than ripe ones (12.6°Brix). This result was attributed to the presence of some interfering substances in the matrix studied, which could not be identified by the method used.

Tannins can complex with proteins producing agglomerates and, depending on concentration of these compounds, can form precipitates causing turbidity (Carvalho et al., 2006). This turbidity of precipitate complex tannins-proteins may have interfered on refractometer reading, increasing the results of soluble solids in unripe canjiqueira fruits. In order to know the sugar content of samples it was determine total carbohydrates, reducing sugars (glucose), disaccharides in non-reducing sugars (sucrose) and starch content in samples (Table 3). Results confirmed that the levels of reducing and non-reducing sugars were higher ($p < 0.05$) in ripe canjiqueira fruits. The content of sugar from fruit pulp is important to know the amount of sucrose to be added in order to reach the soluble solids desirable on jellies.

The soluble solids of jellies were significantly higher ($p < 0.05$) than in fruits but both values were statistically equal (Table 2), similar to 68°Brix determined just after processing.

Results of chemical parameter of jellies are in agreement with the minimum of 62% of soluble solids and the maximum of 38% of humidity required by legislation (Brasil, 1978).

Nutrients and non nutrients

Results of nutrients and antinutritional factors in 100 g of *in natura* pulp and 100 g of processed pulp are showed in Table 3¹. The jelly processing yield was 66%.

The stage of maturity of fruits affected levels of protein and lipids. The moisture, ash content and total carbohydrates didn't differ statistically ($p > 0.05$) with fruit maturity stage (Table 3). Levels of total sugars, reducing and non-reducing sugars were significantly higher in ripe fruits, while starch content was higher in unripe fruits. These occur due to the conversion of polysaccharides into sugars during ripening process (Chitarra & Chitarra, 2005).

Canjiqueira showed low levels of proteins, lipids and ash content (Table 3). Levels of proteins, lipids and total carbohydrates of ripe canjiqueira were lower than those reported by Abadio Finco et al. (2012) for murici (*Byrsonima crassiflora*) fruits (1.89%, 8.71% and 18.04%, respectively).

Mineral content didn't differ ($p > 0.05$) for unripe and ripe fruits, except for zinc and magnesium. Among the minerals studied in canjiqueira fruits (Table 3), levels of potassium, calcium and magnesium were major (Table 3). These minerals play an important role in

¹ A composição centesimal das geleias produzidas (g.100 g⁻¹ de geleia) está apresentada no Apêndice A.

health and are associated with acid-basic balance, muscle contraction and enzymatic processes, respectively (Sobotka, 2008).

Levels of potassium, calcium and magnesium of ripe canjiqueira are higher than those reported for murici (*Byrsonima myricifolia*) fruits (of the same family of canjiqueira fruits), of 1955, 148 and 155 mg kg⁻¹, respectively (Vallilo et al., 2007).

Table 3. Nutrients and antinutritional factors on fresh mass of *in natura* pulp and processed pulp of unripe and ripe canjiqueira fruits.

Characteristics	Unripe fruits		Ripe fruits	
	Fresh pulp	Jelly pulp	Fresh pulp	Jelly pulp
Dry matter*	24.26±0.10 ^b	77.09±0.75 ^a	24.62±0.25 ^b	73.53±2.94 ^a
Moisture*	75.74±0.10 ^a	22.91±0.75 ^b	75.38±0.25 ^a	26.47±2.94 ^b
Crude protein*	0.98±0.09 ^b	0.63±0.10 ^c	1.33±0.08 ^a	0.72±0.13 ^c
Lipids*	2.92±0.01 ^b	2.86±0.08 ^b	3.45±0.01 ^a	3.36±0.05 ^a
Ash*	1.03±0.01 ^a	0.74±0.01 ^b	0.99±0.02 ^a	0.71±0.04 ^b
Carbohydrates*	19.32±0.17 ^b	72.85±1.50 ^a	18.08±0.28 ^b	68.80±2.65 ^a
Total carbohydrates*	13.37±0.20 ^b	-	13.22±0.11 ^a	-
Reducing sugars*	6.40±0.07 ^b	-	8.37±0.07 ^a	-
Non-reducing sugars*	3.97±0.18 ^b	-	4.85±0.07 ^a	-
Starch*	3.37±0.10 ^a	-	1.64±0.09 ^b	-
Energy (kcal 100 g ⁻¹)	107.52±0.36 ^b	327.27±6.00 ^a	111.97±0.92 ^b	312.76±13.00 ^a
Sodium (mg 100 g ⁻¹)	13.28 ± 3.50 ^a	-	14.21 ± 5.16 ^a	-
Iron (mg 100 g ⁻¹)	19.90 ± 0.07 ^a	-	21.95 ± 1.48 ^a	-
Manganese (mg 100 g ⁻¹)	1.65 ± 0.08 ^a	-	1.30 ± 0.23 ^a	-
Zinc (mg 100 g ⁻¹)	4.14 ± 1.46 ^b	-	24.06 ± 4.75 ^a	-
Calcium (mg 100 g ⁻¹)	1029.42 ± 18.92 ^a	-	949.38 ± 86.44 ^a	-
Magnesium (mg 100 g ⁻¹)	143.26 ± 12.42 ^a	-	100.81 ± 2.67 ^b	-
Potassium (mg 100 g ⁻¹)	2383.76 ± 168.82 ^a	-	2250.63 ± 178.65 ^a	-
Phytic acid (mg 100 g ⁻¹)	0.76±0.04 ^a	n.d.	0.79±0.03 ^a	n.d.
Lectins	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trypsin inhibitors (%)	76.16	40.5	7.99	8.25

*: results in g 100 g⁻¹ of pulp; -: not determined; n.d.: not detected. Means with different letter in the same row are significantly different (p<0.05) by Anova F test and Tukey test.

The effect of jelly processing on the proximate composition of canjiqueira fruits was significant (p<0.05) for all characteristics, except for lipid content (Table 3). Levels of protein and moisture reduced in unripe and ripe fruits. In jelly processing occurs water loss and sugar addition, which caused an increase on dry matter and total carbohydrates content (p<0.05). The energy value of fruits was affected by processing, ranging from 107.52 to 327.27 kcal 100 g⁻¹ (unripe fruits) and from 111.97 to 312.76 kcal 100 g⁻¹ (ripe fruits). These caloric values were higher to those reported to sapota (*Quararibea cordata* Vischer) jelly, with 268.27±0.18 kcal 100 g⁻¹ (Carvalho et al., 2012).

An undesirable characteristic, detected in previously experiments on canjiqueira, was the high content of trypsin inhibitors (exhibited in this study). The trypsin inhibitors inactive proteolytic enzymes, reducing nutritional value of foods (Bonett et al., 2007), and for this reason fruits were submitted to jelly processing in order to reduce this levels and contributed to add value to the species. The results of percentage of trypsin inhibition are given based on a standard curve of the protein concentration of the sample studied *versus* the discoloration caused by the inhibitor activity. Canjiqueira ripe fruits showed 7.99% of inhibition of trypsin, while unripe fruits showed 76.16%, both in 2.4 µg of proteins from sample (Table 3). This indicates unripe canjiqueira has higher amount of trypsin inhibitors.

In this study levels of this antinutritional factor reduced ($p < 0.05$) in both samples after processing. Ripe fruit jelly showed 8.25% of inhibition while unripe fruit jelly presented 40.5% of inhibition, in 6 µg of proteins from samples. Even after processing unripe fruit jelly can reduce the bioavailability of proteins from diet and for this reason in the unripe *in natura* fruit or jelly should not be used in diet. The thermal stability of trypsin inhibitors is dependent on temperature reached on processing, time and heating mode and sample humidity (Carvalho et al., 2002). Studies have been done to discover optimal temperatures and times of food baking, especially for grains, to reduce levels of these compounds.

Lectins are proteic molecules widely distributed in nature that are able to link with carbohydrates irreversibly, resulting in antinutritional action (Bonett et al., 2007). It wasn't verified lectin activity in any sample studied (Table 3).

The phytic acid is a substance that can reduce the bioavailability of minerals such as calcium, iron and zinc (Chen, 2004). The phytic acid detected on unripe (0.76 ± 0.04 mg of phytic acid.100 g⁻¹) and ripe (0.79 ± 0.03 mg of phytic acid.100 g⁻¹) canjiqueira fruits didn't differ statistically ($p > 0.05$) and were totally eliminate after processing (Table 3). This antinutritional factor was not detected in the jellies developed. The initial values of phytic acid were higher than those reported for pulp and seed of baru (*Dipteryx alata* Vog), of 0.27 and 0.16 mg of phytic acid.100 g⁻¹, respectively (Sano et al., 2004).

Bioactive compounds and antioxidant activity

Jelly processing affected ($p < 0.05$) ascorbic acid, total phenols, tannins and IC₅₀ value, both for unripe and ripe fruits (Tabela 4). These compounds have been studied due to their capacity in preventing health damages caused by free radicals in organism. The retention of bioactive compounds varied depending on the type of compound and on fruit stage of maturity. Unripe fruit jelly exhibited higher retention of ascorbic acid, total phenols and

tannins and in this fruits the antioxidant capacity was best preserved than in unripe fruit jelly due to the lower IC₅₀ value observed.

Table 4. Bioactive compounds and antioxidant activity of *in natura* pulp and processed pulp of unripe and ripe canjiqueira fruits.

Sample		Ascorbic acid (mg 100 g ⁻¹)	Total Phenols (mg GAE 100 g ⁻¹)	Tannins (mg TAE 100 g ⁻¹)	IC ₅₀ (mg.mL ⁻¹)
Unripe	Fresh pulp	119.22±3.93 ^a	501.18±7.61 ^a	195.94±3.14 ^a	4.63±0.83 ^d
	Jelly pulp	71.80±7.39 ^b	312.71±7.67 ^b	100.46±4.58 ^b	6.18±0.78 ^c
	Retention (%)	60.22	62.39	51.27	-
Ripe	Fresh pulp	135.16±14.53 ^a	152.57±7.84 ^c	54.81±2.23 ^c	12.83±1.64 ^b
	Jelly pulp	45.74±6.20 ^c	66.06±4.56 ^d	3.62±0.06 ^d	17.47±0.89 ^a
	Retention (%)	33.84	43.30	6.60	-

Means with different letter in the same column are significantly different (p<0.05) according to Tukey test.

The ascorbic acid in fruits control oxidation-reduction reaction and has antioxidant activity (Kulkarni & Aradhya, 2005). Ripe canjiqueira showed higher levels of ascorbic acid than murici (*Byrsonima crassifolia*) fruits, with 0.3 mg 100 g⁻¹ (Canuto et al., 2010) and 17.45 mg 100 g⁻¹ of fresh pulp. But levels of this bioactive compound was lower than in acerola (*Malpighia ermaginata*) fruits, with 378.5 mg 100 g⁻¹, known to be a good source of ascorbic acid (Canuto et al., 2010).

The phenolic compounds are largely distributed in fruits in generally and their beneficial effects on health have been widely studied (Chun et al., 2005; Giada & Mancini Filho, 2006; Silva et al., 2010). The initial content of total phenols for unripe and ripe fruits were, respectively, 501.18 and 152.57 mg GAE 100 g⁻¹ of fresh mass, suggesting that unripe canjiqueira fruits have high potential in preventing oxidative damage in health caused by free radicals. Result for ripe fruits was lower than those reported for ripe murici (*Byrsonima crassifolia*) fruits of 298.26 mg GAE 100 g⁻¹ (Abadio Finco et al., 2012).

The presence of tannins in food is associated with important biological properties (Zarei et al., 2011) and also with astringency in immature fruits (Lesschaeve; Noble, 2005) and antinutritional properties (Damodaran et al., 2010). Canjiqueira unripe and ripe fruits presented 195.94 and 54.91 mg TAE 100 g⁻¹ of fresh mass (Table 4), being affected by maturity stage (p<0.05). The reduction of tannins with fruit maturity occurs due to the polymerization process, explaining the reducing astringency in mature fruits (Aquarone et al., 1983). Tannin content of ripe canjiqueira was lower than those 83.47 mg EAT 100 g⁻¹ reported for guarirova (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) pulp (Nozaki, 2012).

Unripe canjiqueira fruits showed lower ascorbic acid content and higher levels of total phenols and tannins. This fruits also showed lower levels of IC_{50} value than ripe fruits (Table 4), indicating both that unripe fruits have higher antioxidant capacity than ripe ones and that the antioxidant activity of unripe canjiqueira fruits can be attributed by the phenols and tannins compounds. The IC_{50} value of ripe canjiqueira fruits (12.83 mg mL^{-1}) was higher than the 6.56 mg mL^{-1} reported for ripe murici (*Byrsonima crassiflora*) fruits (Abadio Finco et al., 2012).

Processing contributes to increase shelf life and preserve good quality of food, but some desirable and undesirable changes can occur depending on the conditions of time and temperature used (Bretch et al., 2008). After jelly processing it was observed a retention in ascorbic acid content of 60.22% in unripe fruit jelly and 33.84% in ripe fruit jelly (Table 4). This substance is one of the most studied in food and losses depend on the processing conditions (Yamashita et al., 2003). The reduce in ascorbic acid content with jelly processing was previously related for Silva et al. (2006) in jelly made of orange juice, with 75% of retention in ascorbic acid content.

The total phenols content was affected by jelly processing, being 38% reduced in unripe fruit jelly and 57% in ripe fruit jelly (Table 4). Fruit processing and storage are responsible for chemical and enzymatic oxidation of phenolic compounds (Kaur & Kapoor, 2001). The jelly processing of canjiqueira fruits caused retention of 51% of tannins in unripe fruit jelly and 7% in ripe fruit jelly (Table 4). Thermal processing can reduce levels of phytochemicals by losing cellular integrity by enzymatic action or by factors such as light and oxygen (VOLDEN et al., 2008).

Antioxidant capacity of canjiqueira jellies was significantly lower than in fresh pulps analyzed, due to the increase of IC_{50} value. This indicates that in general jellies have lower antioxidant capacity than fruits. The maintenance of the antioxidant capacity of unripe fruit jelly was higher because of the lower IC_{50} value observed (6.18 mg mL^{-1}) when compared to ripe fruit jelly (17.47 mg mL^{-1}).

Although jelly processing reduced significantly levels of bioactive compounds and the antioxidant capacity of canjiqueira fruits, the processing was necessary to reduce levels of trypsin inhibitors and phytic acid observed on *in natura* fruits. These antinutritional factors interfere on nutrition, reducing the bioavailability of important substances. Anyway, the phenolic compounds and ascorbic acid detected on *in natura* fruits can be isolated and used to produce nutraceutical products.

Getting known the antioxidant properties of new food products can contributed to provide natural sources of nutraceutical compounds, which can be used in preventing health damages in organism caused by free radicals. Study these properties in native fruits, as canjiqueira, contribute to sustainable development of the Pantanal region and species preservation.

Conclusions

The nutrients, antinutritional factors and bioactive compounds levels of canjiqueira fruits were affected after jelly processing. Levels of proteins reduced, but the energy value increase and the trypsin inhibitor activity significantly decreased, especially in ripe fruit jelly. The phytic acid observed in fruits was eliminating after processing. It wasn't observed lectin activity in fruits and jellies.

Levels of bioactive compounds decrease after jelly processing, especially in ripe fruits, but final levels of ascorbic acid, total phenols and tannins was still high. Unripe canjiqueira fruits and jelly showed high levels of bioactive compounds, but unripe fruit jelly also presented high levels of trypsin inhibitors, also after thermal processing.

Jelly processing showed to be a good alternative to the use of the nutrients of canjiqueira ripe fruits due to the reduction of antinutritional factors and the maintenance of total phenols, ascorbic acid and antioxidant capacity on unripe fruits.

Future research on canjiqueira fruits should be done in order to improve new accessible processing forms to add value to the fruit, reduce antinutritional factors content and preserve as possible levels of nutrients and bioactive compounds.

Acknowledgements

To the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES*, by grant of the scholarship.

References

ABADIO FINCO, F.D.B.; SILVA, I.G.; OLIVEIRA, R.B. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of three native fruits from brazilian savannah (Cerrado). **Alimentos e Nutrição**, v.23, n.2, p.179-185, 2012.

- ALMEIDA, M.E.M. Processamento de frutas. In: Almeida, M.E.M., Schmidt, F.L., Gasparino Filho, J. **Processamento de Compotas, doces em massas e geleias**: fundamentos básicos. Campinas: IFT, 1999. 62p.
- AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidas por fermentação**. São Paulo: Edgar Blucher, 1983. 227p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1995.
- BONETT, L.P.; BAUMGARTNER, M.S.; KLEIN, A.C.; SILVA, L.I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arq Ci Saúde da Unipar**. v.11, p.235-246, 2007.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie/Food Science and Technology**, Massy, v.28, n.1, p.25-30. 1995.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos** N° 12, de 24 de julho de 1978. Normas Técnicas Especiais, relativas a alimentos e bebidas. Brasília: Ministério da Saúde; 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_geleia.htm>. Acesso em: 10 jul. 2012.
- BRECHT, J.K.; RITENOUR, M.A.; HAARD, N.F.; CHISM, G.W. Postharvest physiology of edible plant tissues. In: DAMORADAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Fennema's food chemistry**. 4th ed. Boca Ranton: CRC Press, 2008. p.1042-1043.
- CANUTO, G.A.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C. AND BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.1196-1205, 2010.
- CARVALHO, E.; MATEUS, N.; PLET, B.; DUFOURC, E.; DE FREITAS, V. Influence of wine pectic polysaccharides on the interactions between condensed tannins and salivary proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.23, p.8936-8944. 2006.
- CARVALHO, M.R.B.; KIRSCHNIK, P.G.; PAIVA, K.C.; AIURA, F.S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista Nutrição**, v.15, p.267-272, 2002.
- CARVALHO, V.S.; DAMIANI, C.; ASQUIERI, E.R.; ORSI, D.C.; NISHI, A.C.F. Desenvolvimento e atividade antioxidante de geleia de sapotá (*Quararibea cordata* VISCHER). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.36, n.3, p.341-347. 2012.

- CHEN, Q. Determination of Phytic Acid and Inositol Pentakisphosphates in Foods by High-Performance Ion Chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.4604-4613, 2004.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e vegetais: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CHUN, O.K.; KIM, D.O.; SMITH, N.; SCHROEDER, D.; HAN, J.T.; LEE, C.Y. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.1715-1724. 2005.
- DAMASCENO JÚNIOR, G.A.; SOUZA, P.R. **Sabores do Cerrado e Pantanal: receitas e boas práticas de utilização**. Campo Grande: UFMS, 2010. 141p.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. 2009. Available on: <
http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/1.1.htm >. Access on: 22 aug. 2012.
- FREIRE, M.G.M.; GOMES, V.M.; CORSINI, R.E.; MACHADO, O.L.T.; DE SIMONE, S.G.; NOVELLO, J.C. Isolation and partial characterization of a novel lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, n.1, p.61-68. 2002.
- GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.B.G. **Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 2008.
- GIADA, M.L.R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v.12, n. 4, p.7-15. 2006.
- GONZALEZ, C.A. Nutrition and cancer: the current epidemiological evidence. **British Journal of Nutrition**, v.96, n.1, p.425–455. 2006
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F.A.; DA FONSECA, E.M. Biometria de frutos e endocarpo de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex A. Juss.). **Cerne**, v.12, n.1, p.84-91. 2006.
- KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health. International. **Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.703–725, 2001.
- KIM, D.O.; PADILLA-ZAKOUR, O.I. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum, and raspberry. **Journal of Food Science**, v.69, n.9, p.395-400. 2004.

- KULKARNI, A.P.; ARADHYA, S.M. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. **Food Chemistry**, v.93, n. 319–324. 2005.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, n.6, p.1313-1315. 1980.
- LESSCHAEVE, I.E.; NOBLE, A.C. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.81, n.1, p.330S-335S. 2005.
- MACEDO, M.L.R.; FREIRE, M.G.M.; CABRINI, E.C.; TOYAMA, M.H.; NOVELLO, J.C.; MARANGONI, S. A. Trypsin inhibitor from *Peltophorum dubium* seeds active against pest proteases and its effects on the survival of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1621, n.2, p.170-82. 2003.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definição, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.3, n.2, p.109-122, 2006.
- NOZAKI, V.T. **Potencial nutricional da amêndoa e da polpa da guarirova, *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.** [Tese]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012.
- RIBEIRO, R.A.; RODRIGUES, F.M. Genética da conservação em espécies vegetais do Cerrado. genetic de Genetic conservation of Savanna plant species. **Revista Ciências Médicas e Biológicas**, v.5, p.253-260, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, p.38s–46s, 1999.
- ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUZA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.53-60, 2007.
- SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F.; BRITO, M.A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 51p.
- SANTOS, S.A.; ABREU, U.G.P.; TOMICH, T.R.; COMASTRI FILHO, J.A.; CRISPIM, S.M.A. **Pecuária no Pantanal: em busca da sustentabilidade**. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. v.2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2008. p.535-570.
- SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; SANTANA, A.S.; KOBLITZ, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, p.669-682, 2010.

- SILVA, P.T.; LOPES, M.L.M.; VALENTE, M. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.678-682, 2006.
- SOBOTKA, L. Metabolismo lipídico. In: Sobotka L. **Bases da Nutrição Clínica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Rubio; 2008. p.64-72.
- SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.10, p.63-68, 1959.
- VALLILO, M.I.; PASTORE, J.A.; ESTON, M.R.; GARBELOTTI, M.L.; OLIVEIRA, E. Caracterização química e valor nutricional dos frutos de *Byrsonima myricifolia* Griseb (Malpighiaceae) – alimento de aves silvestres. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, n.1, p.39-45. 2007.
- VOLDEN, J.; BERGE, G.I.A.; BENGTSSON, G.B.; HANSEN, M.; THYGESEN, I.E.; WICKLUND, T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*). **Food Chemistry**, v. 109, p.595-605, 2008.
- WILSON, E.D.; SANTOS, A.C.; VIEIRA, E.C. Energia. In: Oliveira, J.E.D., Santos, A.C., Wilson, E.D. **Nutrição Básica**. Ed Savier, 1982. p.80-94.
- YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.; TONZAR, A.C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J.G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.1, p.92-4, 2003.
- ZAREI, M.; AZIZI, M.; BASHIR-SADR, Z. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. **Fruits**, v.66, p.121-129. 2011.

PERSPECTIVAS FUTURAS

- Avaliar sensorialmente a aceitação das geleias de canjiqueira desenvolvidas;
- Avaliar parâmetros físicos e microbiológicos durante o armazenamento das geleias desenvolvidas;
- Desenvolver novas formas de processamento capazes de reter nutrientes e compostos bioativos e eliminar os fatores antinutricionais dos frutos de canjiqueira;
- Identificar, por métodos cromatográficos, os compostos bioativos responsáveis pela atividade antioxidante;
- Determinar *in vivo* a atividade antioxidante do fruto.

APÊNDICE A – Composição centesimal das geleias de frutos de canjiqueira verdes e maduros.

Tabela 1 - Composição centesimal das geleias de canjiqueira (*Byrsonima cydoniifolia* A. Juss.) verde e madura.

Parâmetro	Geleia de frutos verdes	Geleia de frutos maduros
Umidade (g 100 g ⁻¹)	22,91 ± 0,75	26,47 ± 2,94
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	0,45 ± 0,01	0,43 ± 0,02
Proteínas (g 100 g ⁻¹)	0,39 ± 0,06	0,43 ± 0,08
Lipídeos (g 100 g ⁻¹)	2,65 ± 0,68	2,60 ± 0,16
Carboidratos (g 100 g ⁻¹)	70,28 ± 0,91	66,78 ± 2,56
Fibras (g 100 g ⁻¹)	3,33 ± 0,54	3,28 ± 0,23
Valor calórico (kcal 100 g ⁻¹)	306,51	292,29