

**DESENVOLVIMENTO E PROCESSAMENTO
MÍNIMO DE PITAIA NATIVA (*Selenicereus
setaceus* Rizz.) DO CERRADO BRASILEIRO**

LUIZ JOSÉ RODRIGUES

2010

LUIZ JOSÉ RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE PITAIA
NATIVA (*Selenicereus setaceus* Rizz.) DO CERRADO BRASILEIRO**

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

Orientador

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

Rodrigues, Luiz José.

Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa
(*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro / Luiz José
Rodrigues. – Lavras : UFLA, 2010.

164 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Bibliografia.

1. Saborosa. 2. Crescimento. 3. Maturação. 4. Refrigeração. 5.
Armazenamento. 6. Sanificantes. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD - 664.804775

LUIZ JOSÉ RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE PITAIA
NATIVA (*Selenicereus setaceus* Rizz.) DO CERRADO BRASILEIRO**

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

APROVADA em 26 de fevereiro de 2010

Profa. Dra. Juliana Audi Giannoni	FATEC
Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli	DCA - UFLA
Profa. Ana Carla Marques Pinheiro	DCA - UFLA
Profa. Dra. Andréa Luiza Ramos Pereira Xisto	UFLA

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Ao meu pai José Rodrigues (*in memoriam*), verdadeiramente o maior mestre que tive e que, em suas lições, demonstrava que acreditar na existência do bem e do mal, ajudar sem esperar nada em troca e, sobretudo, o trabalho árduo tornam as pessoas mais humanas, sem desviar do foco principal da vida: ser feliz.

OFEREÇO.

“Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor... Lembre-se: Se escolher o mundo, ficará sem o amor, mas se escolher o amor, com ele conquistará o mundo.”

(Albert Einstein)

A minha mãe, Fátima, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho e incansável apoio ao longo de toda a minha vida e que, apesar das circunstâncias mostrarem o contrário, sempre manteve a fé. Aos meus irmãos, Guilherme e Marcos, pelo carinho, apoio e compreensão.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem o qual nada teria sentido e, principalmente, por estar presente em todos os momentos, guiando meus passos e colocando em meu caminho pessoas amigas e preciosas, possibilitando-me desse modo, alcançar mais uma etapa de minha vida, com a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do doutorado e pelas condições de trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro, em especial pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo suporte financeiro.

Ao meu orientador, professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, que me ensinou não apenas lições acadêmicas, mas soube despertar meu interesse por aprender e buscar sempre o melhor, acima de qualquer coisa. Agradeço imensamente pela amizade, paciência, compreensão e confiança.

À coorientadora professora Dra. Juliana Audi Giannoni, pela amizade, força, companheirismo, incentivo e por estar sempre disposta a colaborar.

À coorientadora professora Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli, pelos ensinamentos e orientação em microbiologia, pela pronta atenção sempre dispensada e pela imprescindível contribuição para a realização deste trabalho.

À professora Dra. Ana Carla Marques Pinheiro, pela amizade, consideração, disponibilidade, ensinamentos e pela participação efetiva na montagem e na condução da análise sensorial, além da valiosa contribuição na revisão dos artigos da tese.

Ao professor Dr. Mário César Guerreiro, que tantas vezes me atendeu gentilmente, pelos ensinamentos, atenção, paciência e por disponibilizar a infraestrutura e os equipamentos do Laboratório de Análise e Prospecção Química do DQI/UFLA. Ao doutorando Cleiton e à mestranda Ana Paula, pelo apoio, suporte e auxílio na utilização do CG-MS.

À professora Dra. Rosane Freitas Schwan, por disponibilizar o HPLC do Laboratório de Microbiologia - DBI/UFLA e a Cidinha, pela ajuda na realização das análises cromatográficas dos ácidos orgânicos, com extrema dedicação e seriedade.

Ao professor Dr. Eric Batista Ferreira, pelas sugestões e ajuda nas análises estatísticas da análise sensorial.

Ao professor Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela amizade, pelos ensinamentos e atenção.

A todos os professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pelos ensinamentos que contribuíram sobremaneira para a melhoria de minha formação profissional.

À Dani, minha namorada e colega de doutorado, não apenas pela colaboração na realização deste trabalho, mas pelo imenso carinho, constante incentivo, compreensão, paciência e pelos sucessos e tropeços que tivemos e soubemos contornar.

Ao meu amigo-irmão de doutorado, Nélio, pela amizade, apoio e imensurável auxílio durante todas as etapas deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a aquelas pessoas que, de alguma forma, doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível: Edson, Lucas, Patrícia, Nádia e Danizinha.

Aos amigos e colegas conquistados no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Andréa, Heloisa, Clarissa, Juliana Alvarenga, Júlia, Emanuelle, Rita, Carolina, Suzana, Marisa, Taíssa, Milton, Mariana, Camila,

Juliana e André, pelo harmonioso convívio e valiosos momentos de descontração.

Aos colegas da pós-graduação, pela agradável convivência e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial, Lucilene, Mércia, Tina, Sandra, Creuza, Eliane, Cidinha e Sr. Miguel, pelo convívio, amizade, ensinamentos e pelos mais diversos tipos de ajuda.

A toda minha família, por todo apoio, amor e estímulo, não só neste momento, mas durante toda a minha vida. Em especial, ao meu avô Osvaldo e minha avó Maria, pelo apoio, incentivo, orações e carinho, durante essa caminhada.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação pessoal e profissional.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1	01
1 Introdução Geral.....	02
2 Referencial Teórico.....	05
2.1 O Cerrado brasileiro e seu potencial em frutas nativas.....	05
2.2 A cultura da pitaia.....	08
2.2.1 Características gerais.....	08
2.2.2 A espécie <i>Selenicereus setaceus</i> Rizz.....	12
2.2.3 Valor nutricional.....	15
2.3 Desenvolvimento dos frutos e aspectos associados à sua qualidade.....	16
2.4 Valor nutricional.....	23
2.5 Processamento mínimo.....	30
2.5.1 Segurança microbiológica.....	35
3 Referências Bibliográficas.....	41
CAPÍTULO 2: Crescimento e maturação de pitaia nativa do cerrado brasileiro.....	56
1 Resumo.....	57
2 Abstract.....	58
3 Introdução.....	59
4 Materiais e Métodos.....	61
4.1 Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento.....	61
4.2 Análises realizadas.....	62
4.3 Atividade respiratória e produção de etileno.....	64
4.4 Teste de aceitabilidade.....	65
4.5 Análise estatística.....	65

5 Resultados e Discussão.....	66
5.1 Aspectos do desenvolvimento.....	66
5.2 Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento.....	67
5.3 Taxa respiratória e produção de etileno.....	74
5.4 Teste de aceitabilidade.....	76
6 Conclusões.....	78
7 Referências Bibliográficas.....	79
CAPÍTULO 3: Valor nutricional, potencial antioxidante e perfil volátil de pitaia nativa do cerrado brasileiro.....	83
1 Resumo.....	84
2 Abstract.....	85
3 Introdução.....	86
4 Materiais e Métodos.....	89
4.1 Matéria-prima e preparo das amostras.....	89
4.2 Análises realizadas.....	90
4.2.1 Determinação das frações casca e polpa.....	90
4.2.2 Determinação da composição centesimal.....	90
4.2.3 Determinação de minerais.....	91
4.2.4 Determinação de vitamina C.....	92
4.2.5 Determinação de compostos fenólicos totais.....	92
4.2.6 Determinação da atividade antioxidante total (AAT).....	92
4.2.7 Determinação dos ácidos orgânicos.....	93
4.2.8 Determinação de compostos voláteis.....	94
4.2.8.1 Extração dos compostos voláteis.....	94
4.2.8.2 Identificação dos compostos voláteis.....	95
4.3 Análise estatística.....	95
5 Resultados e Discussão.....	97
5.1 Percentual das frações do fruto (casca e polpa).....	97

5.2 Composição centesimal e minerais.....	98
5.3 Vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante total (AAT).....	104
5.4 Ácidos orgânicos.....	106
5.5 Compostos voláteis.....	107
6 Conclusões.....	111
7 Referências Bibliográficas.....	112
CAPÍTULO 4: Qualidade microbiológica e sensorial de pitaia nativa minimamente processada submetida a diferentes sanificantes.....	
1 Resumo.....	119
2 Abstract.....	120
3 Introdução.....	121
4 Materiais e Métodos.....	123
4.1 Processamento do fruto.....	123
4.2 Análises microbiológicas.....	124
4.3 Avaliação sensorial.....	125
4.4 Análise estatística.....	127
5 Resultados e Discussão.....	128
5.1 Análises microbiológicas.....	128
5.2 Avaliação sensorial.....	132
6 Conclusões.....	140
7 Referências Bibliográficas.....	141
ANEXOS.....	145

RESUMO GERAL

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

A pitaia nativa (*Selenicereus setaceus*), popularmente conhecida como saborosa, é um fruto comumente encontrado no Cerrado brasileiro, que reúne atrativos sensoriais exóticos, peculiares e intensos ainda pouco explorados comercialmente. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento da pitaia nativa por meio de análises físicas, químicas e bioquímicas, além de verificar o potencial do fruto como produto minimamente processado. O período compreendido entre a antese e a abscisão da pitaia nativa foi de 70 dias. A pitaia nativa apresentou um padrão de crescimento sigmoidal duplo. O fruto pode ser classificado como não climatérico, além de ter atividade respiratória muito baixa. De acordo com os parâmetros físicos, químicos e fisiológicos avaliados na pitaia nativa, o estágio ótimo para a colheita do fruto ocorre aos 63 dias após a antese, período correspondente àquele em que a casca do fruto se tornou totalmente vermelha. Esse estágio culminou com o tamanho final do fruto, teores máximos de sólidos solúveis e açúcares totais e reduzidos valores de acidez titulável, além das melhores notas atribuídas pelos provadores em relação ao seu sabor. A casca e a polpa do fruto maduro têm baixo valor calórico, além de serem boas fontes de minerais, notadamente, de potássio, magnésio, cálcio, sódio e ferro. A polpa da pitaia nativa apresenta atividade antioxidante total relativamente baixa, fato que pode estar associado aos reduzidos teores de vitamina C e compostos fenólicos totais no fruto maduro. A acidez da polpa da pitaia nativa é baixa, sendo o ácido málico o ácido orgânico majoritário durante todo o seu período de desenvolvimento. As principais classes químicas dos compostos voláteis identificados na polpa da pitaia nativa são os ésteres, predominantes, seguidos dos aldeídos e álcoois. A pitaia nativa tem potencial para o processamento mínimo, apresentando baixas contagens de microrganismos durante os 15 dias de armazenamento a 6°C, além de receber notas significativas inerentes aos atributos aparência, sabor, impressão global e intenção de compra, e resultando numa vida de prateleira de 11 dias, com base na análise sensorial.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Orientador), Profa. Dra. Juliana Audi Giannoni - FATEC, Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - UFLA.

GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES, Luiz José. **Development and minimal processing of native pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) from Brazilian cerrado.** 2010. 164 p. Thesis (Doctor in Food Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The native pitaya (*Selenicereus setaceus*) or popularly saborosa (“tasty”) is a fruit commonly found in the Brazilian Cerrado (savanna-like vegetation), gathering sensory attractive exotic, peculiar and intense, yet little exploited commercially. The objective of this study was to evaluate the development of native pitaya through physical, chemical and biochemical analysis, as well as investigate the potential of the fruit as minimally processed product. The period from anthesis to abscission of native pitaya was 70 days. The native pitaya showed a pattern of double sigmoidal growth. The native pitaya can be classified as a non-climacteric, and is a fruit with a very low respiratory activity. According to the physical, chemical and physiological evaluated in native pitaya, the optimum stage for harvesting the fruit is 63 days after anthesis, when the corresponding period of the fruit skin is totally red. This stage culminated with the final size of the fruit, maximum soluble solids and totals sugars and low values of titratable acidity, along with best marks awarded by assessors with respect to its flavor. The peel and pulp of the ripe fruit have a low calorific value, besides being good sources of minerals, especially, potassium, magnesium, calcium, sodium and iron. The pulp of the native pitaya has total antioxidant activity relatively low, which may be associated with reduced levels of vitamin C and phenolic compounds in ripe fruit. The acidity of native pitaya is low, and the malic acid is the organic acid majority throughout the period of development. The main chemical classes of compounds identified in the pulp of the native pitaya are esters, which are predominant, followed by aldehydes and alcohols. The native pitaya has the potential for minimally processed, with low counts of microorganisms during the 15 days of storage at 6°C, in addition to receiving notes significant inherent attributes appearance, flavor and overall impression and purchase intention, and resulting in a shelf life of 11 days, based on sensory analysis.

* Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFPA (Adviser), Profa. Dra. Juliana Audi Giannoni - FATEC, Profa. Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli - UFPA.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE PITAIA NATIVA (*Selenicereus setaceus* Rizz.) DO CERRADO BRASILEIRO

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é detentor de riquíssima biodiversidade. Estima-se que 10% de toda a biota terrestre se encontre no país, sendo essa diversidade normalmente associada à Amazônia. Ocorre, porém, que o país possui outros ecossistemas importantes, como é o caso do Cerrado, cujos recursos naturais também são diversificados, mas pouco conhecidos.

Não obstante, o Cerrado, segundo maior bioma brasileiro interpretado por sua vasta extensão territorial, ocupando 23% do território nacional, emerge nesse cenário, devido, sobretudo, à sua exacerbada flora, atestada por meio do grande número de plantas vasculares, entre 4 mil a 12 mil espécies, superior à maioria das regiões do mundo. Dessas, 44% são endêmicas e, nesse sentido, é considerada a mais rica dentre as savanas do mundo. Entretanto, durante as últimas décadas, o Cerrado tem sofrido exploração desorganizada e inconsciente, principalmente com a expansão das fronteiras agrícolas, que culminam com a remoção da vegetação nativa existente, causando grandes prejuízos à sua diversidade, levando à extinção de inúmeras espécies e colocando em risco tantas outras.

Atualmente, o Cerrado é um importante polo na produção de alimentos no país, graças ao desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que viabilizaram a sua utilização em bases econômicas. Contudo, muitos produtos agrícolas, com destaque para as frutas nativas, tradicionalmente utilizadas pela população local, tanto no consumo *in natura* como para a produção de doces, sorvetes, geleias, sucos e licores, ainda não foram inseridos no contexto do agronegócio brasileiro, sendo raríssimas as investigações científicas sobre a exploração dessas frutas como alimento. O grande desafio das espécies autóctones envolve a produção e a comercialização e a caracterização dessas espécies, bem como o desenvolvimento ou aprimoramento de tecnologias para agregação de valores,

poderia nortear a divulgação desses produtos, possibilitando o avanço desse novo mercado, além de gerar conhecimento e alternativas sustentáveis de renda para os habitantes dessa região.

Logo, a pitaia nativa do cerrado (*Selenicereus setaceus* Rizz.), popularmente conhecida como saborosa, ainda subutilizada por comunidades locais, quer por desconhecimento científico ou pela falta de incentivos para sua comercialização, é uma fruta que desponta com grande potencial de aproveitamento e expansão na culinária brasileira, considerando-se a avidez do mercado interno e externo por sabores exóticos. A fruta é marcada por uma coloração externa intensa e peculiar e sua polpa apresenta aparência atraente e sabor muito agradável, o que desperta a atenção dos mais exigentes consumidores, além de ser rica em nutrientes e possuir baixo teor calórico. A inexistência de informações e estudos inerentes a essa frutífera ainda conspira para que alarmantes índices de perdas pós-colheita sejam associados a esse produto.

A caracterização da saborosa ao longo de seu desenvolvimento é o primeiro passo para o entendimento de seu comportamento no campo e após a colheita, com vistas ao desenvolvimento e à adaptação de técnicas de conservação da fruta, visando à minimização das perdas por meio do prolongamento de sua vida útil.

Outro aspecto a ser considerado é o processamento mínimo da saborosa, devido à conveniência e à qualidade fresca do vegetal, atributos tão clamados pela população nos tempos atuais, além de surgir como uma alternativa na agregação de valor ao fruto. Entretanto, há que se considerar que o processamento mínimo, que envolve o descascamento e o corte do vegetal, reduz sua vida útil, aumentando a suscetibilidade aos microrganismos, alguns deletérios à saúde humana. Assim, destaca-se o papel dos sanificantes e o uso do

ambiente refrigerado na manutenção da sua qualidade, visando à obtenção de um produto final de alta qualidade, apreciado pelo mercado consumidor.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o desenvolvimento de pitaia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro por meio de parâmetros físicos, químicos e fisiológicos; caracterizar o valor nutricional do fruto maduro, o seu poder antioxidante e o seu perfil volátil em diferentes estádios de desenvolvimento, além de verificar o potencial do fruto como produto minimamente processado, avaliando o efeito de diferentes sanificantes sobre a sua qualidade microbiológica e sensorial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Cerrado brasileiro e seu potencial em frutas nativas

O Cerrado ocorre, predominantemente, no Planalto Central do Brasil e ocupa cerca de 23% do território nacional (206 milhões de hectares), constituindo o segundo maior bioma do país, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica (Souza et al., 2002; Ribeiro & Walter, 2008). Compreende a quase totalidade dos estados do centro-oeste brasileiro (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal) e do estado de Tocantins, parcelas expressivas dos estados de Minas Gerais, Bahia, Maranhão e Piauí e pequenas parcelas dos estados de São Paulo, Paraná, Rondônia, Roraima e Amapá (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1997).

Com área de, aproximadamente, 2 milhões de km² e por estar localizado na porção central do país, o Cerrado apresenta fronteiras com quase todos os outros biomas brasileiros, à exceção dos Campos Sulinos e do ecossistema Marinho (Eiten, 1972; Aguiar et al., 2004; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006). Essa vizinhança, juntamente com sua extensão territorial, tem como consequência a variabilidade de clima e solo e cria condições para que muitas espécies dos outros biomas possam viver em algumas das suas formações vegetacionais, contribuindo sensivelmente para a grande diversidade de fauna e flora (Silva et al., 1994; Ribeiro & Walter, 2008).

A biodiversidade do Cerrado é riquíssima. Sua flora apresenta em torno de 12 mil espécies vegetais, sendo 44% delas endêmicas, constituindo a mais rica dentre as savanas do mundo (Mendonça et al., 2008).

Do ponto de vista climático, o Cerrado é caracterizado como tropical estacional quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen, com a temperatura, de maneira geral, variando pouco durante o ano (20°-26°C). No que se refere à pluviosidade, a região é marcada por duas estações: um período

chuvoso (novembro a abril), quando ocorrem 80% das chuvas e um período seco (maio a outubro). Em 80% da região, a precipitação varia entre 1000 a 2000 mm anuais (Silva et al., 2001).

O termo “Cerrado” para a designação de vegetação é muito genérico e abrange um grupo de formas de vegetação de fisionomia bastante variada. Normalmente, o Cerrado é pouco denso, com indivíduos de porte atrofiado, com troncos tortuosos e de engalhamento baixo e retorcido, copa assimétrica, folhas grandes e grossas, algumas coriáceas, com ausência de espinhos, além de epífitas ou lianas (Ferri, 1963). O autor ainda discorre que esse bioma abrange um grupo de formas vegetais que se apresentam segundo um gradiente de biomassa. A forma de menor biomassa é denominada campo sujo (extrato herbáceo contínuo), à qual se seguem: campo cerrado (extrato herbáceo com arbustos), cerrado (arbustos e árvores mais extrato herbáceo) e, finalmente, a de maior biomassa, cerradão, constituída por árvores de porte mais elevado com extrato quase contínuo.

Grandes variações morfológicas e físicas estão presentes nos solos dos Cerrados. Entretanto, apresentam algumas características químicas comuns, como elevada acidez, toxidez de alumínio e alta deficiência de nutrientes (Ratter et al., 2003).

A pobreza dos solos, portanto, não constituiu obstáculo para a ocupação de grandes extensões de terra pela agricultura moderna, especialmente a cultura da soja, e as pastagens plantadas. A acelerada exploração agropecuária desenvolvida no Cerrado, durante as últimas décadas, teve como consequência, além do desenvolvimento sócio-econômico da região, a remoção da vegetação nativa por meio dos desmatamentos realizados, em sua maioria, sem planejamento e fiscalização, prejudicando a biodiversidade, a sustentabilidade e causando desequilíbrios ecológicos ao ecossistema (Silva et al., 2001; Mendonça et al., 2008). Em estudo realizado por Machado et al. (2004), utilizando imagens

de satélite, os autores concluíram que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pela ação humana até o ano de 2002, percentual equivalente a uma área de 880.000km², ou seja, quase três vezes a área desmatada na Amazônia brasileira.

Por outro lado, a região do Cerrado é detentora de um manancial de espécies que podem ser consideradas como “plantas do futuro”, ainda subutilizadas por comunidades locais, quer por desconhecimento científico ou pela falta de incentivos para sua comercialização. Dentre essas, sobressaem-se as frutíferas, formadas por vários exemplares de diferentes famílias que produzem frutos comestíveis, com formas variadas, cores atrativas e sabores característicos, sendo utilizadas no consumo *in natura* ou para a produção de doces, geleias, sucos e licores.

As frutas nativas brasileiras e, especialmente as de ocorrência na região do Cerrado, já foram utilizadas pelos povos indígenas desde épocas remotas, desempenhando papel fundamental na alimentação dos desbravadores e colonizadores da região, principalmente, no que se refere ao fornecimento de vitaminas e de alguns minerais essenciais à saúde (Agostini-Costa et al., 2006). A partir da década de 1970, já se encontravam diversos relatos sobre a utilização de plantas do Cerrado, destacando a riqueza de espécies frutíferas nativas, como o pequi (Heringer, 1970), o baru (Filgueiras & Silva, 1975), dentre outras espécies comestíveis (Ferreira, 1972, 1973). Hoje, existem mais de 58 espécies de frutas nativas do Cerrado conhecidas e utilizadas pela população local (Ávidos & Ferreira, 2003).

Estas frutas estão adaptadas aos solos locais e praticamente não necessitam de insumos químicos, apresentando baixo custo de implantação e manutenção do pomar. Além de serem empregadas na formação de pomares domésticos e comerciais, as frutas nativas do Cerrado podem ser utilizadas com sucesso na recuperação de áreas desmatadas ou degradadas, no enriquecimento

da flora, no plantio em parques e jardins, no plantio em áreas acidentadas, para controle de erosão e no plantio de áreas de proteção ambiental. Além destas características, muitas espécies fazem parte da flora apícola do Cerrado e suas folhas e cascas são empregadas na medicina popular (Silva et al., 2001; Agostini-Costa et al., 2006). Uma grande variedade dessas frutas nativas está sendo comercializada em feiras da região, nas margens das rodovias, nas centrais de abastecimento (CEASAs) e, até mesmo, em redes de hipermercados, com preços competitivos e grande aceitação pelos consumidores.

Atualmente, a região do Cerrado se transformou em um importante polo de produção de alimentos no país. Entretanto, muitos produtos agrícolas, como as frutas nativas, tradicionalmente utilizadas pela população local, ainda não foram inseridas no contexto do agronegócio brasileiro, seja por aspectos sócio-culturais, pela forma de exploração extrativista, pela falta de tecnologia adaptada a elas para a produção em escala ou, mesmo, pelo desconhecimento do seu potencial de aproveitamento. Essas fruteiras nativas podem ainda ter seus mercados locais ou regionais consolidados, com consequente ampliação nacional e internacionalmente. Os desafios para a exploração dos frutos nativos existem; em contraposição, há um grande potencial a ser explorado, até mesmo com a exportação, já que possuem sabores *sui generis* e não são encontrados em outros países.

2.2 A cultura da pitaia

2.2.1 Características gerais

A pitaya, ou pitahaya ou, ainda, em português, pitaia, é o nome dado ao fruto de várias espécies de cactos epífitos, com origem nas Américas e distribuída em diversos países deste continente, como Costa Rica, Venezuela, Panamá, Uruguai, Brasil, Colômbia e México, sendo os dois últimos os

principais produtores mundiais (Barbeau, 1990). O termo pitaya significa fruta escamosa, também sendo chamada de frutas-do-dragão, devido ao grande porte das brácteas da casca, que se assemelham às escamas de dragões (Luders, 1999).

As pitaias pertencem à família Cactaceae, existindo duas espécies de maior valor comercial: a de casca amarela (*Selenicereus megalanthus*), que tem polpa branco-amarelada (Figura 1A), proveniente da Colômbia ou da Martinica e a de casca vermelha (*Hylocereus undatus*), com polpa branca (Figura 1B) ou vermelho-rosada (Figura 1C), encontrada no México, na Nicarágua e no Brasil. Esse gênero tem cerca de outras 25 espécies, algumas muito parecidas com a *H. undatus* (Donadio & Sader, 2005). Dentre as inúmeras espécies citadas na literatura, a maioria é a de polpa branca, com a cor da casca variando do vermelho ao púrpura, tendo as frutas de polpa vermelha maior aceitação no mercado (Jacobs, 2001; Pitaya..., 2001; Merten, 2003).

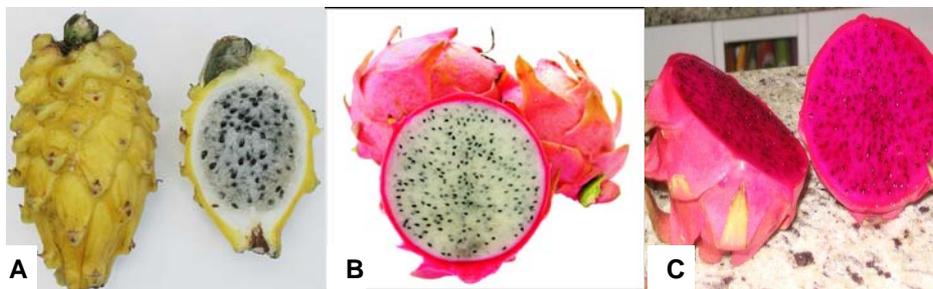


FIGURA 1 Aspectos do fruto e da polpa de pitaya amarela (*Selenicereus megalanthus*) (A), pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) (B) e pitaya vermelha de polpa vermelha (*Hylocereus undatus*) (C).

As cactáceas são plantas xerófitas, rupícolas ou terrestres, ramificadas, com os caules divididos em artigos que constituem os cladódios que, por sua vez, podem ser planos, cilíndricos, colunares ou globosos, com pouco mais de

20 cm de comprimento e de 5 a 7 cm de diâmetro, de cor verde quando jovens ou grisáceos com o envelhecer e, geralmente, com espinhos variando de 1 a 4 mm de comprimento (Figura 2A) (Barroso et al, 1978; Cullmann et al., 1987; Madgwick, 1991;).

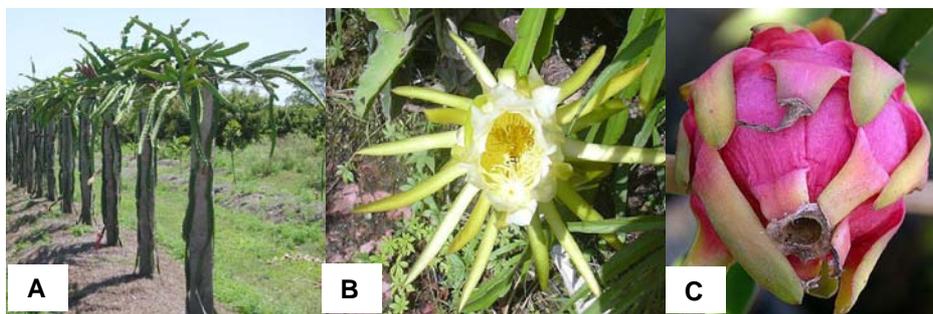


FIGURA 2 Aspectos da planta da pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) em plantio comercial (A), flor (B) e fruto (C).

As flores são laterais, hermafroditas, de coloração branca e grande porte (20 a 35 cm de largura) e se abrem durante a noite, emanando um perfume, quando são polinizadas por insetos, pássaros e morcegos (Figura 2B). Contêm numerosos estames, acima de 800 em uma única flor, arranjados em fileiras ao redor do pistilo, formado por 14 a 28 estiletos de cor creme. As sépalas são de cor verde clara e o pólen é abundante e de cor amarelada (Canto, 1993; Nerd & Mizrahi, 1997). De acordo com Donadio & Saber (2005), há relatos de autopolinização em diversas espécies, além de algumas serem incompatíveis, necessitando de outra planta para que haja a polinização cruzada.

Nas condições ambientais do Brasil, mais precisamente no interior de São Paulo, o florescimento da pitáia ocorre entre dezembro e abril, com os frutos podendo ser colhidos quarenta dias após a fecundação da flor (Donadio & Saber, 2005).

O fruto é uma baga de tamanho médio, formato globoso ou subgloboso, medindo entre 10 e 20 cm de diâmetro, podendo ser de coloração externa amarela ou vermelha, contendo escamas verdes ou avermelhadas, de grande porte (Figura 2C). O seu peso pode alcançar até 900 g, contudo, situa-se entre 350 a 450 g, em média (Nerd & Mizrahi, 1997).

A polpa é delicada, suculenta, com inúmeras sementes escuras comestíveis de, aproximadamente, 3 mm de diâmetro. Apresenta paladar doce e consistência gelatinosa quando madura, geralmente sendo consumida *in natura* ou podendo, ainda, ser processada na forma de sorvetes, sucos, vinhos e saladas (Nerd & Mizrahi, 1997). Em algumas regiões da América do Sul, a polpa é usada em bebidas, como ocorre com sucesso em restaurantes paulistas, onde é servida em pedaços, juntamente com o champanhe (Klingl, 2003). Além de sua fantástica beleza, sabor suave e refrescante, são atribuídas à fruta propriedades afrodisíacas, bem como seu óleo tem efeito laxante, o que é eficaz no controle da gastrite e infecções nos rins. O fruto ainda apresenta a captina, que é considerado um tônico cardíaco (Pot Full, 2005).

A fruta-do-dragão foi cultivada no Vietnã por mais de 100 anos e apenas recentemente recebeu a atenção dos agricultores em outras partes do mundo, incluindo Israel, Austrália e, mais recentemente, Estados Unidos. Hoje, a pitaia está sendo comercializada na Colômbia, em Israel e na Nicarágua. Sob o prisma industrial, algumas empresas estão iniciando as atividades, como ocorre na Austrália (Mizrahi et al, 1997).

A Austrália mantém, atualmente, o maior banco de germoplasmas dessas cactáceas e, juntamente com França e Israel, vem desenvolvendo pesquisas visando à obtenção de cultivares mais produtivas e frutos mais apropriados para exportação (Barbeau, 1990; Jacobs, 2001; Luders, 1999).

O Japão é o maior importador dessas espécies de cactáceas; na Europa, Austrália e nos EUA, essas frutas são comercializadas a 7 ou 10 dólares o quilo (Jacobs, 2001).

A produção da pitiaia no Brasil é ainda incipiente, com maior produção da espécie *Hylocereus undatus* concentrada no interior de São Paulo. Grande parte da produção da fruta é vendida sob a forma de polpa congelada, mas a venda do produto *in natura* para supermercados e restaurantes na capital paulista é responsável pela maior parte dos negócios, com a fruta alcançando valores na ordem de R\$32,00/kg (Bastos et al., 2005). A pitiaia já começa a aparecer como vedete em alguns cardápios, tendo recebido destaque em matéria publicada no jornal Folha de São Paulo, em junho de 2003 (Desconhecida..., 2003). Porém, a oferta da pitiaia ainda é limitada, não abrangendo a demanda pelo produto.

Já a pitiaia amarela (*Selenicereus megalanthus*) vem sendo importada da Colômbia e comercializada em supermercados de Brasília a R\$50,00/kg, mas já existem cultivos protegidos dessa espécie no Rio Grande do Sul (Pitaya..., 2001).

De acordo com Junqueira et al. (2002), a propagação da pitiaia pode ser realizada por meio de sementes, estacas ou via enxertia, destacando a propagação vegetativa, por reproduzir as características da ‘planta-mãe’, apesar da propagação por estacas ainda ser a mais usual, devido à sua maior facilidade.

2.2.2 A espécie *Selenicereus setaceus* Rizz.

A pitiaia do cerrado, ou pitiaia vermelha (*Selenicereus setaceus* Rizz.), conhecida popularmente como saborosa, é uma espécie de cactácea que vegeta naturalmente sobre maciços rochosos de arenito ou quartzito, troncos de árvores e em solos arenosos de campos rupestres dos Cerrados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal e Tocantins. Há relatos de sua ocorrência também em áreas de restinga na Bahia e Rio de Janeiro, bem como na Argentina e no

Paraguai (Machado, 2001, citado por Junqueira et al., 2002; Cactos..., 2006). Moradores de fazendas mais antigas das regiões do Cerrado de Minas Gerais e Goiás costumavam manter essas plantas em suas propriedades sobre muros, troncos de árvores e cercas, pois utilizavam seus frutos como laxante e o suco concentrado dos cladódios como depurativo e em trabalhos de parto. Por essas razões, atualmente, essa espécie é facilmente encontrada em fazendas antigas e taperas (Junqueira et al., 2002).

Pertencente à classe Cactoideae, a pitaia do cerrado foi descrita pela primeira vez em 1828, por Salm-Dyck em De Candolle, sendo classificada como um *Mediocactus*, *Cereus setaceus* (Britton & Rose, 1963). Mais tarde, Werdermann fez nova classificação e *Cereus setaceus* passou a ser chamado *Selenicereus setaceus* (Cactos..., 2006).

A planta é uma espécie epífita, com raízes aéreas, fibrosas e abundantes, com capacidade de desenvolver numerosas raízes adventícias que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes. Apresenta cladódios suculentos em disposição colunar, articulados, na sua maioria com três ângulos e, com espinhos de 2 a 4 mm de comprimento (Figura 3A). As flores, que têm grande potencial para ornamentação, são sésseis, grandes (15 a 30 cm de altura por até 20 cm de diâmetro), brancas com tonalidades amareladas; os botões florais abrem no período da noite uma única vez, com atuação de morcegos (quiropterofilia) e mariposas (falenofilia) na sua polinização (Figura 3B) (Junqueira et al., 2002).

O fruto é avermelhado, tendendo para o roxo (vermelho rubi), com polpa branca, suculenta, com pequenas sementes negras comestíveis (Figura 3C). Em seu hábitat, os frutos maduros pesam de 30 a 80g, com sólidos solúveis na faixa de 13% a 15% e rendimento de polpa de 75%. Seu fruto tem formato similar e tamanho um pouco menor que a pitaia amarela ou colombiana (*Selenicereus megalanthus*), porém, seu sabor, que lembra uma mistura de kiwi

e maracujá, é qualificado como mais agradável, e sua aparência é muito mais atrativa para o consumidor que a pitiaia amarela (Junqueira et al., 2002).

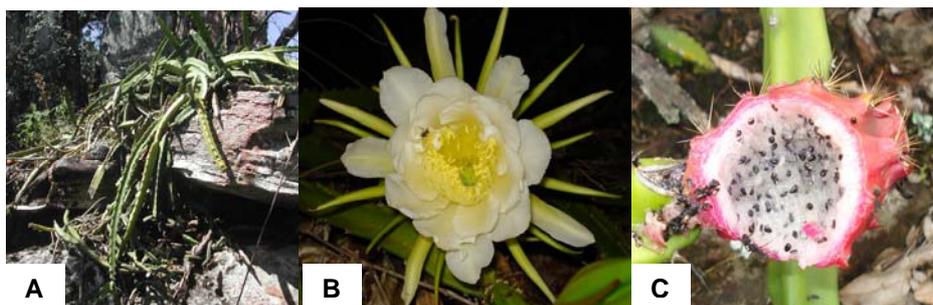


FIGURA 3 Pitaia nativa do cerrado (*Selenicereus setaceus*) em seu hábitat (A), abertura da flor no início da noite (B) e fruto com a polpa exposta devido ao ataque de pássaros (C).

As investigações científicas inerentes à pitiaia do cerrado praticamente inexistem; os poucos estudos encontrados estão direcionados à parte agrônômica, com ênfase na propagação e no cultivo de mudas. Mas, há que se ressaltar o grande interesse por parte dos produtores e comerciantes com relação ao fruto, porém, as informações sobre sua fisiologia pós-colheita, principalmente no que diz respeito ao estágio ótimo de colheita, temperatura ideal de armazenamento, vida de prateleira, embalagem adequada para comercialização e potencial para a indústria alimentícia, ainda são restritas, ou simplesmente não existem. Além disso, a pitiaia do cerrado, por seu caráter rústico, de crescimento rápido, que pode ser facilmente propagada por semente ou estaquia e, sobretudo, por ser uma frutífera já adaptada às condições adversas a outras culturas, apresenta-se como uma alternativa potencialmente viável para o aproveitamento de solos pedregosos, arenosos e maciços rochosos, visando à produção de frutos, flores ou ambos em escala comercial.

Essas características colocam a pitaia do cerrado no rol das frutas tropicais com elevado potencial para os mercados interno e externo, desde que pesquisas sejam intensificadas para se obter cultivares mais produtivas e um sistema de manejo adequado para essa frutífera (Junqueira et al., 2002).

2.2.3 Valor nutricional

Diversas pesquisas têm focado acerca da fisiologia pós-colheita da pitaia, especialmente sobre as espécies *Hylocereus undatus* e *Selenicereus megalanthus*, com ênfase para o período e a temperatura de armazenamento do fruto (Nerd & Mizrahi, 1998; Nerd et al., 1999; Nomura & Yonemoto, 2005; Giannoni et al., 2007a,b). Contudo, informações a respeito dos valores nutricionais da pitaia madura são muito escassos.

Na Tabela 1 observa-se a correlação entre a composição química da porção comestível de algumas espécies de pitaia madura.

TABELA 1 Teores nutricionais encontrados em 100g da polpa de pitaia amarela (*Selenicereus megalanthus*), pitaia vermelha de polpa vermelha (*Hylocereus undatus*) e pitaia vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*).

Elemento	<i>S.</i> <i>megalanthus</i>	<i>H. undatus</i> (polpa vermelha)	<i>H. undatus</i> (polpa branca)
Calorias(kcal)	36	-	-
Umidade (g)	84,4	87,5	85,9
Gordura (g)	0,1	-	-
Proteínas (g)	0,5	1,2	1,1
Fibras (g)	0,3	1,2	1,4
Carboidratos (g)	9,2	8,3	9,8
Cálcio (mg)	6,0	7,5	8,26
Fósforo (mg)	19,0	-	-
Ferro (mg)	0,0	-	-
Tiamina (mg)	0,01	-	-
Riboflavina (mg)	0,03	-	-
Niacina (mg)	0,02	-	-
Vitamina C	25,0	0	7,34
Vitamina A (UI)	-	7.400,8	558,5
B-caroteno (mg)	0	-	-

Fonte: Morton (1986), Becerra (1996) e Castilho et al. (1996), citados por Donadio & Saber (2005).

2.3 Desenvolvimento dos frutos e aspectos associados à sua qualidade

O crescimento, a prematuração, a maturação, o amadurecimento e a senescência são as fases mais importantes na ontogenia dos frutos, podendo o seu desenvolvimento ser resumido em fertilização, formação, crescimento, maturação e senescência. O limiar entre cada uma destas etapas é estreito, o que dificulta a distinção precisa de cada uma delas. O crescimento envolve a divisão celular e subsequente alargamento da célula, que determina o tamanho final do produto. A maturação normalmente começa antes de o crescimento cessar e inclui diferentes atividades em diferentes produtos. A senescência é definida como o período quando os processos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dão

lugar aos catabólicos (degradativos), levando ao envelhecimento e, finalmente, morte do tecido. Considera-se, geralmente, que o amadurecimento comece nos últimos estádios de maturação até se tornar o primeiro estágio da senescência. A mudança de crescimento para senescência é relativamente fácil de se delimitar. Geralmente, a maturação é descrita como o tempo entre estes dois estádios, sem qualquer definição clara sobre a base bioquímica ou fisiológica. É difícil determinar parâmetros bioquímicos ou fisiológicos para delinear os vários estádios, visto que os parâmetros para diferentes produtos não são idênticos em sua natureza ou tempo (Chitarra & Chitarra, 2005; Vilas-Boas, 2006).

Alguns estudos têm avaliado o desenvolvimento dos frutos nativos do Cerrado, como o pequi (*Caryocar brasiliense*), marolo (*Annona coriaceae*), o araçá (*Psidium firmum*) e a gabioba (*Campomanesia pubescens*) (Rodrigues, 2005; Rodrigues et al., 2009; Silva, 2009). Contudo, a grande maioria dos frutos do cerrado ainda não teve seu desenvolvimento caracterizado, tampouco seu padrão respiratório e de produção de etileno, não tendo ainda sido classificado em climatéricos ou não climatéricos. Tal caracterização é de suma importância para o entendimento dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento da qualidade desses vegetais, na sensibilidade da qualidade a fatores pré e pós-colheita, bem como no desenvolvimento e na otimização de técnicas de prolongamento de sua vida útil.

A qualidade dos alimentos pode ser resumida em importantes atributos que sensibilizam os órgãos sensoriais do consumidor, como a aparência, o sabor, o aroma e a textura; o seu valor nutricional e funcional, decorrente de componentes químicos; sua segurança, relacionada à sua microbiota contaminante e compostos tóxicos naturais e/ou adicionados, intencionalmente ou não, que podem comprometer a saúde do consumidor (Vilas-Boas, 2006). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a qualidade difere entre cultivares de uma mesma espécie, de acordo com a origem e as condições de produção,

modificando-se com o armazenamento, a comercialização e a forma de utilização do produto.

Os produtos hortícolas devem sempre apresentar boas características de qualidade não só quando se destinam ao comércio *in natura*, mas também para o processamento, embora as características para avaliação da qualidade nem sempre sejam as mesmas. De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), para as cultivares destinadas a produtos alimentícios, a qualidade se refere ao bom paladar. Isso significa combinação agradável de sabor e textura, sabor resultante do paladar e olfato e textura percebida pelas sensações bucais. A aparência se refere aos atributos visíveis, incluindo cor, conformação e tamanho.

Os frutos do Cerrado, especialmente a saborosa, têm o seu consumo ainda limitado à população local, por meio de um processo essencialmente extrativista. Não é corriqueira a presença de frutas em mercados populares e feiras livres; o comércio, principalmente no que se refere à sua utilização como alimento, é inexistente, devido, sobretudo, ao desconhecimento em relação à frutífera, com toda a sua produção perdida no campo. Logo, os padrões de qualidade inerentes à fruta inexistem, tanto quantitativa quanto qualitativamente, ou seja, não há referências a respeito de sua produtividade (produção/planta/ano) e os seus atributos de qualidade (tamanho, coloração, firmeza, açúcares, acidez, vitaminas).

O estágio de desenvolvimento dos frutos no momento da colheita tem influência na qualidade do fruto maduro. Quando os frutos são colhidos verdes ou fisiologicamente imaturos não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva ou, quando o amadurecimento ocorre, a qualidade dos frutos é prejudicada (Hulme, 1970). Os frutos colhidos muito maduros deterioram-se rapidamente, não podendo ser armazenados e/ou comercializados em locais distantes (Kays, 1997).

A aparência é o primeiro atributo de qualidade normalmente considerado pelo consumidor e leva em consideração tamanho, forma, cor, brilho e presença ou ausência de defeitos.

A coloração é, frequentemente, um dos atributos de qualidade mais atrativos para o consumidor e o impacto visual causado por ela é fator predominante na sua preferência (Bruninni et al., 2004; Silva, 2007). Alterações de cor são uma das mais flagrantes modificações observadas durante o armazenamento de vegetais, *in natura* e processados. O atributo cor é, geralmente, utilizado como indicador de qualidade e maturação dos frutos e, conseqüentemente, do aroma, textura, valor nutritivo e, mesmo, a integridade do vegetal (Fernandes & Souza, 2001). No geral, frutos esverdeados são indicativos de frutos insípidos, muito ácidos e/ou pouco doces (Vilas-Boas, 2006). Normalmente, frutas, no ponto adequado de maturação, apresentam cor uniforme e atraente (Fernandes & Souza, 2001).

Nos vegetais são encontrados pigmentos pertencentes a três classes principais: carotenoides, antocianinas e clorofila. Portanto, a coloração das frutas e hortaliças é resultante dos pigmentos clorofila e carotenoides presentes nos cloroplastos e cromoplastos, bem como dos pigmentos fenólicos (antocianinas, flavonóis e protocianinas) presentes nos vacúolos. Os carotenoides estão presentes por meio dos ésteres de xantofila e caroteno, responsáveis pela cor amarela das frutas maduras; as antocianinas conferem as cores vermelha e violeta, enquanto a clorofila é o pigmento responsável pela cor verde, transformando-se facilmente em feotina de cor marrom, quando submetida ao aquecimento (Chitarra & Chitarra, 2005).

Com o transcorrer da maturação, o fruto muda gradualmente sua cor de verde-escuro para verde-claro; em seguida, ocorre o surgimento dos pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (carotenoides e antocianinas). Estes poderiam estar presentes junto com a cor verde, sendo revelados somente após a

degradação da clorofila, ou serem sintetizados durante a maturação (Awad, 1993).

A textura representa uma das mais importantes características físicas, uma vez que frutos com firmeza elevada sugerem uma vida útil pós-colheita mais prolongada. Essa característica está associada com os componentes químicos das paredes celulares, notadamente com as pectinas presentes na lamela média, que atuam como material cimentante, mantendo a coesão entre as células (Vilas-Boas, 2006). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a textura é definida como o conjunto de propriedades do alimento, composto por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força.

A protopectina é a forma insolúvel das substâncias pécticas. Liga-se a outras cadeias poliméricas adjacentes, por meio de pontes de cálcio, para formar um polímero de alto peso molecular, parcialmente metilado. Durante a maturação, a protopectina é desesterificada e gradualmente hidrolisada a frações com menor peso molecular, solúveis em água (Wills et al., 1998).

A protopectina predomina nos tecidos vegetais imaturos. Com a evolução da maturação dos frutos, ocorre liberação do cálcio e solubilização da protopectina, pela ação de duas enzimas específicas, designadas, respectivamente, como pectinametilesterase (PME), responsável pelo rompimento das ligações metil-éster e a poligalacturonase (PG), que transforma os polímeros de ácido galacturônico em ácidos pécticos, solúveis em água (Chitarra, 1998a,b).

Um aumento no teor de pectina solúvel é um sinal indicador do amaciamento do fruto e as enzimas pectolíticas são consideradas como fator controlador desse processo (King & O' Donoghue, 1995).

O gosto e o aroma são apreciados em conjunto e designados como *flavor*, porque essas características correlacionam-se e são consideradas como

atributo de qualidade único. O *flavor*, na realidade, é a percepção sutil e complexa da combinação entre gosto (marcado pelas sensações doce, ditada pelos açúcares; ácida, pelos ácidos orgânicos; amarga, pelos terpenoides e fenólicos e salgada, pelos sais minerais, principalmente o cloreto de sódio) e o aroma (marcado por centenas a milhares de voláteis que são emanados pelos vegetais) (Chitarra & Chitarra, 2005; Vilas-Boas, 2006).

O amadurecimento das frutas, em geral, conduz a um aumento na doçura, devido ao aumento nos teores de açúcares, ao decréscimo da acidez e da adstringência, respectivamente, pela redução nos teores de ácidos e fenólicos e aumento nas características de *flavor*, principalmente pela emissão de compostos voláteis (Chitarra & Chitarra, 2005).

O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. Esse acréscimo dos açúcares é atribuído, principalmente, à hidrólise do amido, acumulado durante o crescimento do fruto na planta (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os ácidos orgânicos, com poucas exceções, tendem a diminuir com a maturação das frutas, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (Vilas-Boas, 1999). Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos conferem os sabores característicos das frutas, que variam de acordo com a espécie (Figueiredo, 2000).

Durante a maturação das frutas, há aumento gradual na condensação dos compostos fenólicos, ao mesmo tempo em que a adstringência diminui. Isso, possivelmente, ocorre porque as formas altamente condensadas são menos solúveis, por se ligarem fortemente a outros componentes celulares. A sensação de adstringência é conectada com a reação tanante (ligação com proteínas) e depende, sobretudo, do número de grupos OH fenólicos por molécula do

composto. Surge daí a designação de “taninos” para os compostos que apresentam adstringência (Chitarra & Chitarra, 2005).

O aroma é o conjunto de sensações do olfato, estimulada pelos componentes voláteis que, em conjunto, conferem as características específicas a cada produto. Embora presentes em concentrações muito baixas, os compostos orgânicos voláteis formados durante as transformações bioquímicas da maturação são responsáveis pelo aroma típico e têm grande importância na aceitação dos produtos hortícolas, notadamente das frutas (Chitarra & Chitarra, 2005). A maioria absoluta dos componentes desses aromas são misturas de hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, ésteres, cetonas, lactonas, éteres e ácidos orgânicos. Centenas desses compostos são emanadas pelos vegetais em diferentes concentrações, dependendo da espécie, variedade, estágio do seu desenvolvimento e condições ambientais (Bobbio & Bobbio, 2001; Vilas-Boas, 2006).

Com o amadurecimento, origina-se um grande número de compostos voláteis que, em parte, são responsáveis pelo aroma das frutas; suas funções no metabolismo e nas reações (enzimáticas ou não) motivam a formação desses voláteis (Cheftel, 1992). Contudo, durante a senescência, os ácidos orgânicos são perdidos, pela maioria dos vegetais, ocorrendo uma mudança no aroma, devido ao metabolismo de oxidação na respiração (Weichmann, 1987).

Por outro lado, as frutas imaturas sintetizam moléculas de alta massa molecular como proteínas, polissacarídeos, lipídios. O aroma/sabor característico de frutas desenvolve no curto período de amadurecimento pleno, durante o qual o metabolismo das frutas muda para catabolismo de pequenas quantidades de lipídios (ácidos graxos), proteínas (aminoácidos) e carboidratos, os quais são enzimaticamente convertidos em compostos voláteis. Em algumas frutas, a biossíntese de terpenos e a biodegradação de carotenoides também contribuem para o aroma típico (Franco, 2003).

O estudo dos compostos voláteis é importante, pois estes aportam as peculiaridades de aroma de um alimento, características bem intensas e marcantes nos frutos do cerrado. Silva (2009), caracterizando os componentes voláteis do marolo maduro (*Annona crassiflora*), concluiu que o fruto tem como volátil majoritário os compostos octanoato de etila e metila. Resultados similares foram encontrados por Damiani (2006), tendo o pequi maduro como principal componente volátil o octanoato de etila.

2.4 Valor nutricional

O valor nutritivo é o atributo de qualidade menos considerado na cadeia de comercialização de frutas e hortaliças. Exacerbados teores nutricionais não afetam nem a aparência e nem qualidade comestível dos vegetais, ou seja, o sabor, o aroma e/ou a textura, sendo de pouca valia para os consumidores. Por outro lado, as frutas e hortaliças têm papel de destaque na alimentação humana, por constituírem excelentes fontes de fibras, vitaminas, minerais e fitoquímicos. São benéficas à saúde do consumidor não apenas como fontes reconhecidas de nutrientes, bem como por conterem, em sua composição, diferentes grupos de substâncias químicas que, quando ingeridas, reduzem os riscos de doenças cardiovasculares e atuam como potentes agentes anticancerígenos, entre outras importantes funções no organismo humano (Chitarra & Chitarra, 2005).

Mediante tais evidências, os guias alimentares atuais para as populações enfatizam o aumento do consumo de frutas e hortaliças, visando à promoção da saúde e à prevenção de doenças (Ramassamy, 2006; Richard et al., 2006; Sorensen et al., 2007). Alguns programas têm incentivado o aumento no consumo de produtos hortícolas em todo o mundo. Um exemplo é o programa “five a day” (<http://www.5aday.com>, <http://www.5aldia.com> e <http://www.5aodia.com.br>), que tem como objetivo principal o incentivo à ingestão de frutas e hortaliças de, ao menos, cinco porções diárias, em virtude

dos seus efeitos benéficos à saúde, na prevenção de várias enfermidades, tendo como cardápio básico cinco grupos de alimentos que são identificados pelas colorações vermelha (carotenoides), laranja (carotenoides e vitamina C), roxa (niacina, vitamina C e minerais), verde (minerais) e branca (vitaminas do complexo B e flavonoides) (Caliari, 2006).

Várias substâncias (nutrientes e não nutrientes) estão naturalmente presentes nos alimentos e apresentam potencial para serem considerados compostos funcionais, especialmente nas frutas e hortaliças, apresentando efeito benéfico ao consumidor, regulando algumas funções corporais, auxiliando na prevenção de patologias, tais como hipertensão, câncer, coronariopatias, osteoporose e diabetes, entre outras (Ferrari, 2004; Chitarra & Chitarra, 2005).

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos é de suma importância, visto que as exigências nutricionais do ser humano são satisfeitas a partir de uma alimentação equilibrada. O balanço dietético se sustenta no conhecimento da composição química dos alimentos. Logo, o valor nutritivo dos alimentos é vislumbrado a partir de sua composição química com ênfase nos teores de água, proteínas, lipídeos, glicídeos, fibras, vitaminas e minerais.

A composição centesimal de um alimento exprime de forma básica o valor nutritivo ou valor calórico, bem como a proporção de componentes em que aparecem, em 100g do produto considerado, os grupos homogêneos de substâncias do alimento. É conhecida por meio de análises de determinação de umidade ou voláteis a 105°C, cinza ou resíduo mineral fixo, lipídios (extrato etéreo) protéicos (N x fator de correção), fibra e glicídios (Moretto et al., 2002).

A determinação do teor de umidade é o ponto de partida da análise centesimal. É de grande importância, uma vez que a preservação do alimento depende da sua quantidade de água e, além disso, quando se comparam os valores nutritivos de dois ou mais alimentos, têm-se que levar em consideração os respectivos teores de umidade (Moretto et al., 2002). Para a maioria dos

produtos, é desejável fazer-se a colheita quando o máximo de água estiver presente, considerando-se um reflexo positivo na textura. Logo, o momento da colheita pode ser um importante ponto a se considerar.

As cinzas, ou resíduo mineral fixo, correspondem à fração inorgânica, ou mineral, de um alimento (Vilas-Boas, 1999). Ela fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em cátions, como cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto, alumínio e ânions, como sulfato, cloreto, silicato, fosfato, etc. É uma análise considerada como ponto de partida para a análise de minerais específicos.

Os lipídios, ou gorduras, são compostos orgânicos altamente energéticos que contêm ácidos graxos essenciais ao organismo e atuam como carreadores para as vitaminas lipossolúveis (Vilas-Boas, 2006). Gorduras, óleos e substâncias gordurosas, por suas semelhanças na solubilidade, são classificados como lipídios; são insolúveis em água e solúveis em um ou mais solventes, tais como éter, clorofórmio, benzeno e acetona. A análise de lipídios baseia-se nesta propriedade de solubilidade e refere-se ao conjunto das substâncias, como ácidos graxos livres, ésteres de ácidos graxos, lecitinas, ceras, carotenoides, clorofila e outros pigmentos (Marsiglia, 2000).

As proteínas são os maiores constituintes de toda célula viva e cada uma delas, de acordo com sua estrutura molecular, tem uma função biológica associada às atividades vitais. Nos alimentos, além da função nutricional, as proteínas têm função sensorial e de textura (Cecchi, 1999).

As proteínas são polímeros de aminoácidos e alguns desses são tidos como essenciais para o ser humano, posto que não são sintetizados pelo organismo e, dessa forma, devem ser obtidos a partir da alimentação. Logo, tanto a quantidade quanto a qualidade da proteína, em termos aminoacídicos, devem ser levados em consideração no momento da elaboração de uma dieta (Vilas-Boas, 2006).

Com referência as fibras, essas, teoricamente, incluem materiais que não são digeríveis pelo organismo humano e animal e são insolúveis em ácidos e bases, diluídos em condições especiais. Entre esses materiais estão a celulose, a lignina e as pentosanas, que são responsáveis pela estrutura celular das plantas. A fibra bruta não tem valor nutritivo, embora tenha papel fundamental no estímulo ao peristaltismo, determinando a velocidade de passagem do bolo alimentar pelo trato gastro-intestinal (Vilas-Boas, 1999).

A fração glicídica corresponde aos carboidratos digeríveis, como açúcares e amido. Os glicídios, além de serem fontes de energia, conferem, no caso dos açúcares, como glicose, frutose e sacarose, sabor doce aos alimentos; são utilizados como substratos na obtenção de produtos fermentados e destilados (vinhos, aguardentes) e têm a função de engrossar e geleificar os alimentos (amido) (Vilas-Boas, 1999).

Outro fator importante em algumas frutas é o seu poder antioxidante, caracterizado pela presença de componentes funcionais. A atividade antioxidante de algumas frutas do cerrado, incluindo marolo, pequi, arará e gabiroba foi estudada por Roesler et al. (2007), Damiani (2009) e Silva (2009), que comprovaram seu potencial funcional. Os antioxidantes são compostos químicos com capacidade de reagir com os radicais livres e, assim, restringir os efeitos maléficos ao organismo. O corpo humano tem a capacidade de produzir alguns antioxidantes endógenos, mas a maioria vem pela ingestão dos alimentos.

No organismo humano, a atividade metabólica normal produz constantemente radicais livres. Estas moléculas, geradas *in vivo*, reagem com DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, promovendo danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras (Melo et al., 2006). A autooxidação dos ácidos graxos insaturados, componente da

membrana celular, é apontada, por Ramaratham et al. (1995), como o processo oxidativo que ocorre mais frequentemente no organismo humano.

Considerando que essas moléculas têm um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron, são extremamente reativas, podendo ser geradas por fontes endógenas ou exógenas, conforme descrito por Soares (2002). Este autor ainda discorre que as fontes endógenas são decorrentes de processos biológicos que normalmente ocorrem no organismo, tais como: redução de flavinas e tióis; resultado da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; presença de metais de transição no interior da célula e de sistemas de transporte de elétrons. Já as fontes exógenas geradoras de radicais livres incluem tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações.

Quando há limitação na disponibilidade de antioxidantes no organismo, podem ocorrer lesões oxidativas de caráter cumulativo. Então, os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (Sousa et al., 2007).

Pesquisas têm sido direcionadas para o conhecimento da atividade antioxidante total presente em frutas e hortaliças, devido aos diversos constituintes presentes que possuem propriedades de reduzir o nível do estresse oxidativo (Hassimoto et al., 2005). Entretanto, o impacto dos fitoquímicos antioxidantes sobre a saúde poderá ser mais bem entendido a partir do conhecimento de sua origem dietética, de sua concentração nos alimentos que compõem a dieta, de sua natureza química e de sua biodisponibilidade. A determinação do teor de ácido ascórbico, de compostos fenólicos (antocianinas e flavonoides) e de carotenoides, compostos com reconhecida ação antioxidante em vegetais, constitui o primeiro passo para esse entendimento, além de fornecer dados que permitirão estimar o seu consumo pela população.

Os compostos fenólicos estão entre os antioxidantes mais ativos e frequentemente presentes em vegetais, destacando-se os flavonoides (Bianchi & Antunes, 1999), que são os mais estudados dentre os compostos funcionais presentes em produtos de origem vegetal (Re et al., 1999). Os flavonoides são metabólitos secundários de plantas e estas os utilizam para atrair polinizadores e repelir predadores, para colorir flores e para a proteção de raios ultravioletas, quando expostas ao sol (Angelis, 2001). No entanto, as propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de sequestrar os radicais livres (Decker, 1997).

Existem mais de 8.000 compostos fenólicos no reino vegetal, que variam completamente em complexidade. Dentre eles estão presentes os flavonoides e os não-flavonoides (ácidos fenólicos e cumarinas). Exemplos de fenólicos não-flavonoides são o resveratrol, encontrado em vinho, ácido elágico, encontrado em caqui e romã, e ácido clorogênico, encontrado em café, kiwi, maçã e *berry fruits*. Entre os principais flavonoides estão antocianinas, flavonas, isoflavonas, flavonóis, catequinas, flavanonas e proantocianidinas (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os flavonoides estão presentes em frutas e hortaliças, cujo consumo tem sido associado a efeitos protetores contra doenças cardiovasculares e câncer. Por muito tempo, esses compostos foram considerados sem nenhum valor nutricional, até a demonstração de ação redutora de fragilidade capilar de alguns deles, em 1936, nos trabalhos de Szent-Gyorgy e de Rusznyak (Angels, 2005).

Verifica-se, então, que os compostos fenólicos podem inibir os processos da oxidação em certos sistemas, mas isso não significa que eles possam proteger as células e os tecidos de todos os tipos de danos oxidativos. Esses podem apresentar atividade pró-oxidante em determinadas condições, segundo Decker (1997).

A vitamina C também atua como um excelente antioxidante sobre os radicais livres na fase aquosa, embora não seja capaz de agir nos compartimentos lipofílicos para inibir a peroxidação lipídica. Por outro lado, estudos *in vitro* mostraram que essa vitamina, na presença de metais de transição, tais como o ferro, pode atuar como molécula pró-oxidante e gerar os radicais livres H_2O_2 e $OH\cdot$. Porém, esses metais estão presentes em quantidades muito limitadas (Odin, 1997).

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

No entanto, o uso de vitaminas e de outros antioxidantes na prevenção e modulação das consequências patológicas dos radicais livres precisa da definição de doses e de protocolos de tratamento, sendo necessários mais estudos sobre o mecanismo de ação desses agentes para sua prescrição em larga escala (Bianchi & Antunes, 1999).

Os carotenoides formam um dos grupos de pigmentos naturais mais largamente encontrados na natureza. Estes compostos são, em geral, responsáveis pelas colorações do amarelo ao laranja em alimentos de origem vegetal. Podem estar presentes na forma de carotenos ou como ésteres de xantofilas, cuja intensidade da coloração dependerá da quantidade e do tipo de pigmento presente, conforme comentam Chitarra & Chitarra (2005). Atualmente, são conhecidos, aproximadamente, 600 tipos de carotenoides, muitos deles utilizados como corantes alimentares, embora ganhem maior importância na nutrição (Alves et al., 2006).

De acordo com Aguiar (2001), indivíduos que usualmente têm hábito de consumir grandes quantidades de frutas e verduras ricas em carotenoides

também possuem menores riscos de adquirirem certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e cataratas.

2.5 Processamento mínimo

A conveniência é um atributo de qualidade recentemente incorporado aos alimentos que agrega um grande valor aos mesmos. Os consumidores, com cada vez menos tempo para preparar suas refeições, clamam por produtos convenientes, sem abrir mão da exigência pela tradicional qualidade. A conveniência tem chegado à mesa do consumidor na forma de vegetais prontos para o consumo ou para levar ao fogo, tais como os “fresh-cut” ou vegetais minimamente processados.

Por definição, o processamento mínimo poderia abranger qualquer procedimento, exceto aqueles procedimentos tradicionais completos de preservação (esterelização pelo calor, congelamento, etc). Logo, frutas minimamente processadas (“fresh cut”, levemente ou parcialmente processadas) são definidas como aquelas que mantêm seu estado fresco, apesar de terem sofrido alterações físicas. Elas passam por um processo de seleção, lavagem, descascamento e corte, até chegarem a um produto 100% aproveitável, que é embalado a fim de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (International Fresh-Cut Produce Association - IFPA, 2009).

O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas (MP) tem aumentado no cenário mundial. Nos EUA, a indústria do setor movimenta valores na ordem de 10-12 bilhões de dólares por ano e, segundo as estatísticas, o comércio desses produtos é responsável por aproximadamente 10% do volume total de frutas e hortaliças comercializadas na forma fresca naquele país, projetando-se, para os próximos 10 anos, que esse montante atinja algo em torno de 20% (IFPA, 2009).

No Brasil, o processamento mínimo foi introduzido na década de 1990, por algumas empresas atraídas pela nova tendência do mercado, atingindo, principalmente, fornecedores de alimentos prontos para preparo e/ou consumo, como hotéis, restaurantes, redes de supermercado e *fast food*, cozinhas industriais e hospitais, instituições que necessitam de produção em maior escala, mas não dispõem de tempo e espaço para o seu preparo (Chitarra, 1998).

O mercado nacional do setor de produtos minimamente processados ainda é tímido, com a comercialização praticamente circunscrita a médios e a grandes centros urbanos, especialmente os da região sudeste, que possui os estados mais populosos. A taxa de crescimento anual do mercado nacional de produtos processados minimamente é de 10%. Essa taxa deve-se, em grande parte, ao aumento do mercado institucional em 150%, de 1995 a 2002, com participações significativas de redes de *fast food* (Haneshiro, 2003). Também, cadeias de supermercados, como Pão-de-Açúcar e Carrefour, ajudaram a absorver a produção interna de frutas e hortaliças minimamente processadas. No estado de São Paulo, um significativo número de supermercados comercializa produtos minimamente processados, e o maior consumo situa-se entre as classes A e B da população. Na grande São Paulo, de 1996 a 1999, houve um aumento no varejo de 200% na oferta desses produtos. Os supermercados daquela região lucraram, com as vendas de produtos minimamente processados, em torno de 4 milhões de dólares, mensalmente (Moretti & Azevedo, 2003). Em Belo Horizonte, a aceitação dos minimamente processados é crescente, mas ainda representa apenas 1% do consumo de frutas e hortaliças nos supermercados (Rojo & Saabor, 2003). Os principais entraves ao maior crescimento desse mercado continuam sendo o ainda elevado preço praticado, a pouca variedade e o restrito número de empresas com capacidade de manter qualidade com constância e quantidade (Moretti, 2008).

O mercado para frutas e hortaliças minimamente processadas é extremamente dinâmico e a cada ano surgem novidades. As saladas oferecidas no mercado norte-americano de hoje lembram muito pouco as que eram comercializadas há cinco ou dez anos. O “mix” de frutas e hortaliças, que era o principal destaque nos EUA, no ano de 2004, já está ultrapassado; atualmente, as empresas estão oferecendo grande variedade de saladas de folhosas com kits combinados com tomate-cereja, torradas (“croutons”) e molhos variados (Moretti, 2008). Ainda segundo Moretti (2008), verifica-se no mercado norte-americano, a partir de 2007, com consolidação constatada em 2008, uma nova tendência para o processamento mínimo: saladas combinadas com ingredientes de origem animal. Assim, é comum encontrar, nas gôndolas de muitos supermercados, saladas mistas de alface, tomate e rúcula com kits completos com fiambre de peru e ovos cozidos, além de bacon e queijo. Dentre os produtos hortícolas MP mais encontrados no mercado nacional, atualmente, estão a cenoura lavada e ralada, a couve picada, o pimentão lavado e cortado, o alho descascado, a abóbora picada sem casca e sementes, o feijão de corda debulhado e o feijão-vagem lavado e cortado (Freire Júnior, 2008). A alface minimamente processada também se destaca nesse segmento, utilizada primariamente para sanduíches e saladas (King Junior & Bolin, 1989, Cantwell, 1992).

Contudo, o aumento na popularidade de frutas e hortaliças minimamente processadas criou um grande número de produtos extremamente perecíveis, para os quais até mesmo a distribuição para o mercado interno representa um desafio considerável (Brecht et al., 2003). Embora o processamento seja mínimo e a tecnologia aparentemente simples, há uma série de cuidados para que os produtos minimamente processados apresentem o frescor esperado, sejam seguros para a saúde e tenham uma vida útil comercialmente viável.

Frutas e hortaliças minimamente processadas são perecíveis e demonstram rápida degradação da qualidade, em consequência dos danos aos

tecidos vegetais, decorrentes das operações como descascamento, corte e fracionamento, entre outras. O processamento mínimo aumenta a perecibilidade do produto, dado o aumento da atividade metabólica e da descompartimentação de enzimas e substratos, podendo resultar em escurecimento, perda de firmeza e desenvolvimento de sabores e odores estranhos (Rolle & Chism, 1987; Watada et al., 1996).

Apesar do aumento da demanda mundial por frutas e hortaliças minimamente processadas, uma maior expansão deste segmento de mercado tem sido dificultada pela curta vida útil dos mesmos. Entre os fatores limitantes da vida útil desses produtos incluem-se o aumento da respiração e da produção de etileno, o escurecimento enzimático, a descoloração da superfície, a perda de água e as alterações microbiológicas (Damasceno et al., 2001).

O rompimento da membrana celular, ocasionado pelo corte, possibilita o extravasamento do conteúdo intracelular e, dessa forma, enzimas e substratos entram em contato direto, ativando o sistema gerador de etileno, estimulando a sua síntese (etileno estresse). A elevação da produção de etileno causa o aumento da respiração dos tecidos. Em decorrência do aumento da atividade respiratória, há um decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos. Os principais substratos utilizados na obtenção de energia são os açúcares livres e os ácidos orgânicos e a redução na concentração dos mesmos reflete nas perdas das características de sabor do produto (Chitarra, 2000).

A atividade respiratória de produtos minimamente processados aumenta de 1,2 a 7 vezes em comparação com produtos intactos ou não-processados, dependendo dos produtos, do tipo de corte e da temperatura (Ahvenainen, 1996). Aumentos na respiração, com ocorrência na primeira hora após o processamento, têm sido relatados por diversos autores, em melões (Durigan & Sargent, 1999), abacaxis (Sarzi et al., 2001a), mamões (Sarzi et al., 2001b), mangas (Souza et al., 2003) e goiabas (Mattiuz et al., 2001). Aumentos na

produção de etileno também têm sido relatados, principalmente para frutas climatéricas, como melão ‘Cantaloupe’ (Abeles et al., 1992), tomates (Brecht, 1995), bananas e kiwi (Abe & Watada, 1991).

O amaciamento é uma das mais importantes modificações normalmente observadas durante o amadurecimento de frutos (Huber, 1983). A diminuição da firmeza pode ser atribuída à perda excessiva de água por transpiração, o que ocorre no armazenamento em atmosfera com baixa umidade relativa. A perda de água afeta adversamente não somente o peso, mas também a aparência, o *flavor* e a textura dos vegetais. Para a maioria dos vegetais, o amaciamento torna-se aparente e o produto é considerado impróprio quando a perda de umidade atinge entre 4% e 8% (Carvalho, 1999). A perda de firmeza, no entanto, é mais frequentemente atribuída à decomposição enzimática da lamela média e da parede celular (Awad, 1993; Fischer et al., 1994). Um grande número de enzimas tem participação na degradação das substâncias pécticas, tais como pectinametilesterase, poligalacturonase, β -galactosidase, celulase, entre outras. As mais importantes, e objeto de maiores estudos, são as pectinametilesterases (PME) e as poligalacturonases (PG) (Barret & Gonzalez, 1994).

Outro aspecto não menos importante no processamento mínimo de frutos é o escurecimento enzimático. A descoloração, ou escurecimento, na superfície de frutas e hortaliças cortadas pode ocorrer devido à descompartimentação que ocorre quando as células são rompidas, liberando e colocando em contato substratos e oxidases. O fermento também induz a síntese de algumas enzimas envolvidas nas reações de escurecimento ou biossíntese de substratos (Rolle & Chism, 1987). Enzimas celulares de células rompidas estão livres para misturarem-se com substratos, produzindo compostos de coloração escura. A principal enzima associada com o escurecimento em frutos é a polifenoloxidase. A polifenoloxidase reage com alguns substratos endógenos, tais como o-diidroxifenóis, produzindo materiais pigmentados

marrons (King & Bolin, 1989). A intensidade do escurecimento em diversos tecidos é afetada pela atividade relativa das oxidases e pela concentração dos substratos (Hansche & Boynton, 1986). O escurecimento oxidativo na superfície cortada é o fator limitante no armazenamento de muitas frutas e hortaliças minimamente processadas (Brecht, 1995; Vilas-Boas, 2004).

Não diferente de outras frutas, os danos mecânicos resultantes do processamento mínimo da pitiaia nativa, evidenciados pela retirada dos espinhos, descascamento e corte, promovem alterações físicas que afetam a fisiologia do produto, reduzindo sua vida de prateleira.

Não obstante, a vida útil de frutos minimamente processados, como a pitiaia nativa, pode ser estendida, desde que técnicas adequadas de conservação, compatíveis com o produto a ser armazenado, sejam adotadas. O uso do frio e a manipulação atmosférica, aliados à qualidade inicial do produto, têm sido utilizados com sucesso na manutenção dessa qualidade e na extensão da vida de prateleira de frutos intactos e minimamente processados (Vilas-Boas, 2004).

2.5.1 Segurança microbiológica

Nos últimos anos, o número de surtos de infecção alimentar documentados e associados ao consumo de produtos frescos de origem vegetal tem aumentado (Beuchat, 2002). Rosa (2002), Pinto (2007) e Paula et al. (2009), ao levantarem a qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas no Brasil, detectaram perigosos índices de contaminação, devido, principalmente, à sanificação e à manipulação inadequadas dos produtos, às más condições higiênico-sanitárias do ambiente de processamento e dos manipuladores e ao desrespeito à cadeia de frio, entre outras causas que favorecem a contaminação.

Para Brackett (1987), a microbiologia é um importante fator na qualidade de produtos minimamente processados. Microrganismos podem afetar

adversamente a qualidade sensorial e a segurança desses produtos. O cuidado com eles deve ser significativamente maior, pois, ao contrário de enlatados e congelados, esse tipo de produto é consumido *in natura*, o que aumenta os riscos para o consumidor.

A grande dificuldade que se tem é que ainda não existe uma legislação específica para vegetais minimamente processados. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece, pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, limite máximo de 5×10^2 NMP/g (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25g do produto (Brasil, 2001), que podem servir como referência para os produtos minimamente processados.

Processos de redução de tamanho, tais como o corte e o fatiamento, que dão ao consumidor a conveniência do prato preparado e que são uma das características diferenciadoras dos minimamente processados em relação aos alimentos *in natura*, podem favorecer em muito o crescimento microbiano. Com os cortes, a proteção da casca deixa de existir, expondo o interior dos tecidos e estes passam a liberar “sucos” que servirão de meio nutriente para o desenvolvimento da microbiota (Cantwell, 1992).

As frutas e hortaliças minimamente processadas podem ser contaminadas por microrganismos patogênicos, juntamente com deterioradores, enquanto crescem no campo, quando há o contato com o solo, água, fezes de animais, insetos e manipuladores. Esse processo continua durante as etapas de colheita manuseio e transporte da matéria-prima até a indústria e durante processamento, finalizando no preparo do produto pelo consumidor (Beuchat, 2002).

Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda a cadeia produtiva. A implantação das Boas

Práticas Agrícolas (BPA), responsáveis pela obtenção de matéria-prima de qualidade, das Boas Práticas de Fabricação (BPF), imprescindíveis para uma boa qualidade do produto final e do programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para o conhecimento e a prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados, diminuindo os riscos à saúde dos consumidores (Boari & Piccoli, 2008).

No processamento mínimo, as barreiras para a eliminação de microrganismos são poucas, constituindo as chamadas tecnologias de barreiras ou obstáculos, que incluem, principalmente, a lavagem, o uso de sanificantes, as embalagens em atmosfera modificada e a refrigeração (Vanetti, 2004).

A manutenção da vida útil de produtos minimamente processados inclui o uso de matéria-prima de alta qualidade, a adoção de processos rígidos de sanificação, a minimização do dano mecânico com a utilização de facas afiadas, a higienização das superfícies utilizadas para o corte, a remoção do excesso de água, a embalagem com atmosfera apropriada e o controle severo da temperatura durante o armazenamento, o transporte e o manuseio (Cenci, 2000; Kader, 2002).

Uma das etapas fundamentais no processamento mínimo de frutas e hortaliças é a sanificação, que objetiva reduzir os microrganismos alteradores de alimentos a níveis seguros e, principalmente, eliminar a veiculação de patógenos que promovem riscos à saúde dos consumidores (Andrade et al., 2004).

A lavagem em água potável é a primeira operação a que as frutas e hortaliças minimamente processadas são submetidas durante o processamento, quando são removidos resíduos de solo e fragmentos do vegetal. No entanto, esse procedimento tem efeito limitado sobre a microbiota contaminante (Nguyen-The & Carlin, 1994).

A redução significativa da população microbiana do produto pode ocorrer durante a etapa de sanificação, quando se adotam tratamentos com substâncias químicas antimicrobianas. No entanto, a eficiência de um antimicrobiano depende de fatores ambientais que podem agir isoladamente ou em combinação, tais como pH, atividade de água, temperatura, atmosfera e carga microbiana inicial (Wiley, 1994).

Segundo a Food and Drug Administration (FDA), a eficiência dos sanificantes é satisfatória quando é capaz de reduzir microrganismos na ordem de 3 a 5 ciclos log. A sanificação com antimicrobianos, como dióxido de cloro, hipoclorito de sódio, fosfato trissódico, peróxido de hidrogênio e ozônio, tem sido extensivamente avaliada, mas também tem efeito limitado sobre a microbiota deterioradora e patogênica (DeRoeve, 1999; Bittencourt, 2000; Fantuzzi et al., 2004). A expectativa de que a lavagem e a sanificação serão efetivas para eliminação de microrganismos é frustrada com redução da população em apenas 1 a 2 ciclos logarítmicos (Zagory, 1999).

Um aspecto importante a ser considerado no processamento mínimo da pitaita nativa, e limitante do ponto de vista de sua qualidade, é que a espécie vegeta naturalmente sobre maciços rochosos e troncos de árvores, tendo contato direto com o solo e outros tipos de matéria orgânica. Assim, como o solo é uma fonte profícua de microrganismos, a possibilidade de o fruto chegar até o processamento com alta carga microbiana é enorme e merece atenção especial. Desse modo, métodos rigorosos de higiene e limpeza devem ser adotados na sanificação da pitaita nativa.

O cloro, nas suas várias formas, é o sanificante mais usado em alimentos e é germicida de amplo espectro de ação, que reage com as proteínas da membrana de células microbianas, formando compostos N-cloro, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares.

Concentrações de 50 a 200ppm de cloro livre são necessárias para

inativar células vegetativas de bactérias e fungos (Simons & Sanguansri, 1997), mas a concentração deve ser determinada para cada produto. Fatores como pH, temperatura, matéria orgânica e concentração do sanificante, sozinhos ou combinados, irão determinar a ação antimicrobiana da solução à base de cloro. O controle da concentração do cloro é um ponto chave no sucesso da sanificação. Concentrações mais elevadas de cloro podem causar problemas, como descoloração, perda da qualidade e aumento na corrosão de equipamentos. Outro ponto importante diz respeito à formação de subprodutos nocivos, como cloraminas e trihalometanos, que ocorrem com a combinação do cloro com a matéria orgânica (Park & Lee, 1995; Vanetti, 2004).

Os compostos clorados orgânicos, dentre eles o dicloroisocianurato de sódio, apresentam melhor estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos (hipoclorito de sódio). Também são mais estáveis em solução aquosa, implicando em liberação mais lenta de ácido hipocloroso, permanecendo efetivos por períodos de tempos maiores. Por outro lado, sendo menos reativas com a matéria orgânica, as cloraminas formam tri-halometanos em níveis inferiores aos compostos clorados inorgânicos (Brecht, 1995).

A busca por tratamentos alternativos, seja devido às possíveis restrições quanto à utilização do cloro, seja pela crescente demanda por produtos livres de aditivos químicos, tem conduzido à avaliação de diversos agentes antimicrobianos, dentre os quais se podem destacar dióxido de cloro, bissulfito de sódio, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos, cloreto de cálcio, ozônio (Brecht, 1995; Izumi, 1999), peróxido de hidrogênio (Sapers & Simmons, 1998) e os antimicrobianos naturais, como a vanilina e os óleos essenciais provenientes de plantas (Cerrutti & Alzamora, 1996).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) também tem sido utilizado como agente sanificante. Ele se forma naturalmente em várias células vivas, sendo decomposto pela catalase, em água e oxigênio (Multon, 1988). Várias aplicações

experimentais de H_2O_2 como agente antimicrobiano em alimentos têm sido descritas. Dentre elas, estão a preservação de frutas e hortaliças frescas, o controle do apodrecimento pós-colheita de uvas de mesa, a lavagem de cogumelos frescos e a preservação de saladas vegetais, melões frescos e frutas em bagos (Sapers & Simmons, 1988).

Outro fator limitante da ação do peróxido de hidrogênio é o excesso de espuma que se forma na superfície do produto imediatamente após o contato deste com o peróxido. Para minimizar esse fator, podem ser utilizadas substâncias antiespumantes, as quais, segundo Sapers et al. (2000), resolvem parcialmente o problema.

A FDA classifica o peróxido de hidrogênio como agente antimicrobiano seguro para ser usado em alimentos. É inofensivo ao ambiente, pois pode ser rapidamente degradado em produtos inócuos, como água e oxigênio, estando disponível comercialmente em grande variedade de concentrações que vão de 3% a 90% (Juven & Pierson, 1996).

Em temperaturas mais elevadas, a ação bactericida do peróxido de hidrogênio aumenta e sua taxa de decomposição é acelerada. A cada aumento de $10^\circ C$ na temperatura do meio há aumento em aproximadamente duas vezes na atividade do peróxido de hidrogênio (Roundy, 1958). Por ser estável em altas temperaturas, é aplicado a $125^\circ C$ na esterilização de embalagens (Tortora et al., 2000). Sapers et al. (2001) estudaram o efeito da sanificação sobre a casca de melão ‘Cantaloupe’ minimamente processado. Os sanificantes testados foram H_2O_2 5% a $50^\circ C$, Cl_2 100 ppm, formulações de detergentes comerciais contendo ácido sulfônico dodecilbenzeno e ácido fosfórico, fosfato trisódico 4% e soluções surfactantes, como sulfato de sódio dodecil e sulfosuccinato de sódio dioctil. O tratamento mais eficiente na melhora da qualidade microbiológica e da vida de prateleira foi o H_2O_2 5% a $50^\circ C$.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1492-1496, Nov./Dec. 1991.

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic, 1992. 414 p.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. Espécies de maior relevância para a região Centro Oeste. In: _____. **Frutas nativas da região Centro Oeste**. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p. 12-26.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MRINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. (Ed.). **Ecologia e caracterização do Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2004. p. 19-42.

AGUIAR, L. P. **β -Caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 2001. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

AHVENAINEM, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. **Trens in Food Science & Tecnology**, Chicago, v. 7, n. 6, p. 179-187, June 1996.

ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. **Resumos...** Cabo frio: SBF/UENF/UFRRJ, 2006. p. 133-141.

ANDRADE, N.; BASTOS, M. S. R.; ANTUNES, M. A. Higiene e sanitização de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 40.

ANGELIS, R. C. de. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2001. 295 p.

ANGELS, R. C. de. Como obter a melhor defesa contra os RL por meio da alimentação. In: _____. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidade degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 83-92.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados: preservação gera muitos frutos**. São Paulo: Biotecnologia, 2005. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2005.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BARBEAU, G. La pitaya rouge, un nouveau fruit exotique. **Fruits**, Paris, v. 45, n. 2, p. 141-147, 1990.

BARRET, D. M.; GONZALEZ, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 3, p. 574-577, May/June 1994.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; COSTA, C. G. **Sistemática de angiosperma do Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1978. v. 1, 255 p.

BASTOS, D. C.; ALMEIDA, L. F. P.; LIBARD, M. N. Pitaya ou dragon fruit? **Boletim Informativo Notalq**, Piracicaba, v. 14, n. 5, p. 3, 2005.

BEUCHAT, L. R. Ecological factor influencing survival and growth of humans pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, Paris, v. 4, n. 4, p. 413-423, Apr. 2002.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os princípios antioxidantes da dieta. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BITTENCOURT, M. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleraceae* cv *acephala*) minimamente processada**. 2000. 101 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BOARI, C. A.; PICCOLI, R. H. O sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) no contexto da gestão de segurança de alimentos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 71-79.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 144 p.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 195-206, 1987.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para o consumo. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/12_01.htm>. Acesso em: 10 jan. 2010.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, Feb. 1995.

BRECHT, J. K.; CHAU, K. V.; FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; SILVA, F. M.; NUNES, M. C. N.; BENDER, R. J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 87-101, Jan. 2003.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. **The Cactaceae**: descriptions and illustrations of plants of the cactus families. New York: Dover, 1963. v. 2, 212 p.

BRUNINNI, M. A.; MACEDO, N. B.; COELHO, C. V.; SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, dez. 2004.

CACTOS: nossos gêneros: conhecer para proteger. Disponível em: <http://www.cactos.com.br/pages/o4_c_paraíso_cactos_port.html>. Acesso em: 17 jul. 2006.

CALLIARI, I. **5 ao dia**. Disponível em: <<http://www.5aodia.com.br/>>. Acesso em: 6 ago. 2006.

CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya en Yucatán**. Yucatán: Universidad Autónoma Chhapingo, 1993. 53 p.

CANTWELL, F. F. M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: University of California, 1992. p. 277-281.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba 'Kumagai'**. 1999. 118 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: UNICAMP, 1999. 212 p.

CENCI, S. A. Pesquisa em processamento mínimo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 110-116.

CERRUTTI, P.; ALZAMORA, S. M. Inhibitory effects of vanillin on some food spoilage yeasts in laboratory media and fruit purées. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 29, n. 2/3, p. 379-386, June 1996.

CHEFTEL, J. C. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los Alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1992. v. 1, 144 p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 1998a. 88 p.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998b. p. 35.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p. Apostila.

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

CULLMANN, W.; GOETZ, E.; GROENER, G. **The encyclopedia of Cacti**. Oregon: Timber, 1987. 340 p.

DAMASCENO, K. S. F. da S. C.; STAMFORD, T. L. M.; ALVES, M. A. Vegetais minimamente processados: uma revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 85, p. 20-25, 2001.

DAMIANI, C. **Qualidade e perfil volátil de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado, armazenado sob diferentes temperaturas**. 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DAMIANI, C. **Caracterização e agregação de frutos do cerrado: araçá (*Psidium guinnensis* SW) e marolo (*Annona crassiflora* Mart.)**. 2009. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants. **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, n. 11, p. 396-407, Nov. 1997.

DEROEVER, C. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. **Food Control**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 117-143, Apr. 1999.

DESCONHECIDA, pitaia sai do jardim e vira vedete de pratos e drinks. **Folha de São Paulo**, São Paulo, p. B12, 10 jun. 2003. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/fsp10062003a.htm>>. Acesso em: 14 set. 2005.

DONADIO, L. C.; SADER, A. D. **Curso de pitaya**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2005. 16 p.

DURIGAN, J. F.; SARGENT, S. A. Uso do melão Cantaloupe na produção de produtos minimamente processados. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 69-77, 1999.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, Bronx, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A Embrapa nos biomas brasileiros**. Brasília, 2006. Não paginado.

FANTUZZI, E.; VANETTI, M. C. D.; PUSCHMANN, R.; MORAES, C. A. Microbiota contaminante de repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 207-211, jun. 2004.

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

FERRARI, C. K. Function foods, herbs and nutraceuticals: towards biochemical mechanisms of healthy aging. **Biogerontology**, New York, v. 5, n. 5, p. 275-289, Oct. 2004.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis nativos do Distrito Federal: I., gabiobas, pitangas e araçás. **Cerrado**, Brasília, v. 5, n. 18, p. 11-15, 1972.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis do Distrito Federal: II., piqui, mangaba, marolo e mamãozinho. **Cerrado**, Brasília, v. 5, n. 20, p. 22-25, 1973.

FERRI, M. G. **Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: USP, 1963. 113 p.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FILGUEIRAS, T. S.; SILVA, E. Estudo preliminar do baru (Leg. Faboideae). **Brasil Florestal**, Brasília, v. 6, n. 22, p. 33-39, 1975.

FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in pectic substances of apples during development and postharvest ripening: part 2: analysis of the pectin fraction. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 25, n. 6, p. 167-175, Dec. 1994.

FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos**: temas atuais. São Paulo: Varela, 2003. 248 p.

FREIRE JUNIOR, M. Uso de revestimentos comestíveis em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 38-42.

GIANNONI, J. A.; VILAS-BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; SILVA, E. P. Caracterização bioquímica da pitáia de polpa branca submetida a dois tipos de cortes e armazenada sob refrigeração. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS COLHEITA, 2., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2007a. p. 360.

GIANNONI, J. A.; VILAS-BOAS, E. V. B.; VILAS-BOAS, B. M.; PAULA, N. R. F.; SOUZA, E. C. Avaliação das características físico-químicas da pitaia de polpa branca armazenada sob três temperaturas (10, 14 e 20°C). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS COLHEITA, 2., 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2007b. p. 359.

HANASHIRO, M. M. **Relações de coordenação entre agricultura, indústria e distribuição dos produtos minimamente processados**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HANSCH, P. E.; BOYTON, B. Heritability of enzymatic browning in peaches. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1195-1197, July 1986.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen fruits pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 8, p. 5489-5493, Mar. 2005.

HERINGER, E. P. O pequiheiro (*Caryocar brasiliense*, Cambess.). **Brasil Florestal**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 28-31, 1970.

HUBER, D. J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. **Horticultural Review**, New York, v. 5, p. 169-219, 1983.

HULME, A. C. **The Biochemistry of fruits and their Products**. London: Academic, 1970. 618 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Extração vegetal e silvicultura. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 57, p. 355-360, 1997.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **United fresh 2010 to target market segments**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 29 mar. 2005.

IZUMI, H. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 536-539, Mar. 1999.

JACOBS, D. Pitaya (*Hylocereus undatus*), a potencial New Crop for Australia. **The Australian New Crop Newsletter**, Melbourne, n. 11, 1999. Disponível em: <<http://www.newcrops.uq.au/newslwtt/nen11163.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2001.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V. Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) nativa do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

JUVEN, B. J.; PIERSON, M. D. Antibacterial effects of hydrogen peroxide and methods for its detection and quantization. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 59, n. 11, p. 1233-1241, Nov. 1996.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____. **Postharvest technology os horticultural crops**. 3. ed. California: University of California, 2002. p. 435-461. (Davis Publication, 3311).

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1997. 532 p.

KING, G. A.; O'DONOGHUE, E. M. Unraveling senescence: new opportunities for delaying the inevitable in harvested fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, New York, v. 6, n. 12, p. 385-389, Dec. 1995.

KING JUNIOR, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological ad microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. In: OVERVIEW OUTSTANDING SYMPOSIA IN FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY, 1., 1988, New Orleans. **Proceedings...** Chicago: Institute of Food Technologists, 1989. p. 132-135.

KLINGL, E. O fruto das flores: novas espécies tornam mais rentáveis os investimentos no campo. **Revista Isto É**, São Paulo, n. 6, p. 21-23, jul. 2003.

LUDERS, L. The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*). **Agnostes**, Melbourne, v. 778, n. 42, p. 1-5, May 1999.

MACHADO, A. T.; SANTILLI, J.; MAGALHÃES, R. **A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico**: implicações conceituais e jurídicas. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008. 98 p.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservation International do Brasil, 2004. 38 p.

MADGWICK, W. **Cacti and other succulents**. Austin: Steck-Vaughn Library, 1991. 44 p.

MARSIGLIA, D. A. P. **Análise físico-química de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolf Lutz, 2000. 87 p.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; SARZI, B. Aspectos fisiológicos de goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao processamento mínimo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001. 1 CD-ROM.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 89-94, mar./abr. 2006.

MENDONÇA, R.; FELFILI, J.; WALTER, B.; SILVA JÚNIOR, J. C.; REZENDE, A.; FILGUEIRAS, T.; NOGUEIRA, P. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-Cerrados, 2008. p. 288-556.

MERTEN, S. A review of Hylocereus production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Chicago, v. 32, n. 4, p. 98-105, Dec. 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Reviews**, New York, v. 18, n. 2, p. 291-320, 1997.

MORETTI, C. L. Panorama internacional do processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 28-33.

MORETTI, C. L.; AZEVEDO, J. H. Análise de mercado. In: _____. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: hortaliças minimamente processadas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; SEBRAE, 2003. p. 12-18, 133 p. (Série Agronegócios).

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSHOSHI, E. M. **Introdução a ciência dos alimentos**. Florianópolis: UFSC, 2002. 254 p.

MULTON, J. L. **Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1988. 680 p.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactacea). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 39-45, Jan. 1999.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, New York, v. 18, n. 2, p. 321-346, Apr. 1997.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Fruit development and ripening in yellow pitaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 560-562, Oct. 1998.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 4, p. 371-401, Aug. 1994.

NOMURA, K.; YONEMOTO, Y. Changes in sugars and acids in pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit during development. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 80, n. 6, p. 711-715, Dec. 2005.

ODIN, A. P. Vitamins as antimutagens: advantagens and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 386, n. 1, p. 39-67, Jan. 1997.

PARK, W. P.; LEE, D. S. Effect of chlorine treatment on cut water cress and onion. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v. 18, n. 4, p. 415-424, Aug. 1995.

PAULA, N. R. F.; VILAS-BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; CARVALHO, R. A.; PICCOLI, R. H. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras - MG, Brasília - DF e São Paulo - SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 219-227, jan./fev. 2009.

PINTO, D. M. **Qualidade de produtos minimamente processados comercializados em diferentes épocas do ano**. 2007. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PITAYA é rica em vitaminas. **Jornal da Fruta**, Piracicaba, ano 9, n. 94, p. 12, nov. 2001.

POT FULL. **Frutas exóticas**: pitaya: desenvolvido por internet. Disponível em: <<http://www.potfull.com.br/pitaya.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

RAMARARHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 6, n. 3, p. 75-82, Apr. 1995.

RAMASSAMY, C. Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of neurodegenerative disease: a review of their intracellular targets. **Europe Journal Pharmacology**, Amsterdam, n. 545, p. 51-54, 2006.

RATTER, J.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation: III., comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 60, n. 1, p. 57-109, Mar. 2003.

RE, R.; PELLEGINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, Sept./Oct. 1999.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA-Cerrados, 2008. p. 151-212.

RICHARDS, A.; KATTELMAN, K. K.; REN, C. Motivating 18- to 24-year-olds to increase their fruit and vegetable consumption. **Journal of the American Dietetic Association**, Madison, v. 106, n. 9, p. 1405-1411, Sept. 2006.

RODRIGUES, L. J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb)**: ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 260-265, jul./set. 2009.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, jan./fev. 2007.

ROJO, F.; SAABOR, A. Aceitação dos pré-processados é pequena mas cresce entre consumidores esclarecidos. **FruitFatos**, São Paulo, n. 4, p. 15, 2003.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 10, n. 3, p. 157-178, Aug. 1987.

ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados**. 2002. 202 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROUNDY, Z. D. Treatment of milk for cheese with hydrogen peroxide. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 41, n. 10, p. 1460-1465, Oct. 1958.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; JANTSCHKE, M.; MATTRAZZO, A. M. Factors limiting the efficacy of hydrogen peroxide washer for descontamination of apples containing *Escherichia coli*. **Journal Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 529-532, May/June 2000.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; PILIZOTA, V.; MATTRAZZO, A. M. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 2, p. 345-349, Mar./Apr. 2001.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, Feb. 1998.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; LIMA, M. A.; MATTIUZ, B. Comportamento respiratório de mamão minimamente processado quando armazenado sob diferentes temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001a. 1 CD-ROM.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. H. A.; DONADON, J. R. Efeito da temperatura e tipo de corte na conservação de abacaxi minimamente processado (PMP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001b. 1 CD-ROM.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do cerrado**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

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

SILVA, E. P. **Caracterização do desenvolvimento de frutos do cerrado: marolo (*Annona crassiflora*) e gabioba (*Campomanesia pubescens*)**. 2009. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, J. A.; SILVA, D. B. da; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. de. **Frutas nativas dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; EMBRAPA-SPI, 1994. 166 p.

SIMONS, L. K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, Werribee, v. 49, n. 2, p. 75-80, Feb. 1997.

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

SORENSEN, G.; BARBEN, E. M.; STODDARD, A. M. Tools for health: the efficacy of a tailored intervention target for construction laborers. **Cancer Causes Control**, Baltimore, v. 18, n. 1, p. 51-59, Dec. 2007.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; CHAVES, M. S. B. M. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, mar./abr. 2007.

SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; MIGUEL, A. C. A. Comportamento respiratório de produto minimamente processado de manga 'Keitt' amadurecida em estufa ou naturalmente. In: ANNUAL MEETING OF THE INTRAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., 2003, Fortaleza. **Abstracts...** Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2003. p. 181.

SOUZA, E. R. B.; NAVES, R. V.; CARNEIRO, I. F.; LEANDRO, W. M.; BORGES, J. D. Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz Das Almas, v. 24, n. 2, p. 491-495, mar./abr. 2002.

TORTORA, G.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 827 p.

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 30-32.

VILAS-BOAS, E. V. de B. **Nutrição humana e saúde: alimentos e nutrientes**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 70 p.

VILAS-BOAS, E. V. de B. Frutas minimamente processadas: pequi. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 122-127.

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

WATADA, E. A.; KO, N. P.; MINOTTI, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 115-125, Nov. 1996.

WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: M. Dakker, 1987. 432 p.

WILEY, R. C. (Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Campman & Hall, 1994. 268 p.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest**: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. Chicago: CAB International, 1998. 167 p.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial population. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 313-321, Mar. 1999.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E MATURAÇÃO DE PITAIA NATIVA DO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO

As alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o desenvolvimento de pitáia nativa (*Selenicereus setaceus*) do Cerrado brasileiro e a aceitabilidade sensorial do sabor em diferentes estádios de maturação foram estudadas. O experimento foi conduzido entre os meses de agosto e dezembro de 2007, numa área com vegetação nativa, típica do Cerrado, no município de Itumirim, sul do estado de Minas Gerais, Brasil. As flores foram marcadas por ocasião da antese e os frutos coletados a cada 7 dias, a contar da sua formação, seguindo-se até a abscisão. O intervalo entre a antese (abertura da flor) até a abscisão do fruto foi de 70 dias (10 semanas), com a emergência da inflorescência ocorrendo no final do mês de agosto e os primeiros frutos maduros encontrados em outubro e pico de produção em novembro. O padrão de crescimento cumulativo do fruto seguiu um modelo sigmoidal duplo, caracterizado por 2 fases de crescimento pronunciado, com o tamanho final obtido aos 63 dias após a antese. A pitáia nativa coletada aos 63 dias após a antese mostrou-se com a casca totalmente vermelha ($L^* = 46,52$, $a^* = 28,32$, clorofila = $0,79 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, betacianinas = $1,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e sua polpa apresentou acentuadas modificações em alguns constituintes químicos, resultando em reduzidos valores de amido e acidez titulável e altas concentrações de sólidos solúveis e açúcares totais, bem como nas maiores notas atribuídas pelos provadores em relação ao sabor, de modo a tornar os frutos aptos para o consumo, sendo esse estágio indicado como o ideal para a sua colheita. A respiração, medida pelo acúmulo de CO_2 , e a produção de etileno da pitáia nativa mostraram-se com ligeiro declínio ao longo do período de avaliação, apresentando comportamento similar ao de frutos não climatéricos, além de ser caracterizado como um fruto com atividade respiratória extremamente baixa, implicando num produto vegetal com baixa perecibilidade natural, o que poderá contribuir para o incremento da sua vida pós-colheita.

ABSTRACT

Physical, chemical and physiological changes during the development of native pitaya (*Selenicereus setaceus*) from the Brazilian Cerrado (savanna-like vegetation) and sensory acceptability of flavor in different stages of maturation were studied. The experiment was conducted between August and December 2007, in an area with native vegetation, typical of the Cerrado, the city of Itumirim, southern state of Minas Gerais, Brazil. Flowers were marked at anthesis and fruit were collected every 7 days, from the date of its formation followed by abscission. The interval between anthesis (flower opening) to the abscission of the fruit was 70 days (10 weeks), with the inflorescence occurring at the end of August and the first ripe fruit found in October and peak production in November. The pattern of cumulative growth of the fruit followed a double sigmoid model, characterized by 2 phases of pronounced growth, with the final size obtained at 63 days after anthesis. The native pitaya collected 63 days after anthesis was shown with the skin completely red ($L^* = 46.52$, $a^* = 28.32$, chlorophyll = $0.79 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$, betacyanin = $1.28 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$) and the pulp showed marked changes in some chemical constituents, resulting in reduced contents of starch and titratable acidity and high concentrations of soluble solids and total sugars and the highest grades assigned by the judges for flavor, so make the fruit unfit for consumption, and this stage indicated as the ideal for harvesting. Respiration, measured by the accumulation of CO_2 and ethylene production of native pitaya showed up with a slight decline over the assessment period, a behavior similar to non-climacteric fruits, in addition to being characterized as a product with very low respiratory activity, implying a plant product with low natural perishability, which may contribute to increasing their postharvest life.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa 21% do território nacional (206 milhões de hectares), destacando-se pela sua biodiversidade, com a mais rica flora dentre as savanas do mundo (Borlaug, 2002). Embora os dados apontem para essa imensa riqueza, as espécies existentes nesse bioma são menosprezadas e a exploração agropecuária, que ocorre de forma acelerada, contribui maciçamente para a sua degradação.

Nesse contexto, cabe ressaltar a presença de espécies frutíferas nativas no Cerrado, que oferecem teores significativos de fibras, vitaminas, minerais e antioxidantes, além de atrativos sensoriais ímpares, como cor, sabor e aroma, peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente.

Alguns estudos têm enfatizado o potencial econômico e nutricional dos frutos nativos do Cerrado, seja no consumo *in natura* ou com o processamento, com destaque para o pequi (*Caryocar brasiliense*), o marolo (*Annona coriaceae*), o araçá (*Psidium firmum*) e a gabiroba (*Campomanesia pubescens*), frutos até então relegados a segundo plano (Rodrigues et al., 2007, 2009; Souza et al., 2007; Damiani et al., 2008, 2009; Silva et al., 2009).

A pitaia do cerrado, ou pitaia vermelha (*Selenicereus setaceus* Rizz.), ou, ainda, saborosa, como é conhecida popularmente, apesar de pouco explorada cientificamente, desponta com elevado potencial econômico para os mercados interno e externo, por se tratar de um fruto exótico, extremamente atraente, com excelente sabor, rico em nutrientes e de baixo teor calórico, podendo ser consumido *in natura* ou utilizado na obtenção de sucos, sorvetes, geleias, doces e licores. Entretanto, essa espécie é subutilizada pela população local devido, sobretudo, à falta de informações e ao desconhecimento científico, sendo o seu consumo limitado por meio de um processo essencialmente extrativista. A falta

de informações contribuí, ainda, para que alarmantes índices de perdas pós-colheita sejam associados a esses produtos.

A espécie *S. setaceus*, pertencente à família Cactaceae e subfamília Cactoideae, é uma cactácea com cladódios em disposição colunar, vegetando naturalmente sobre maciços rochosos de arenito ou quartzito, troncos de árvores e em solos arenosos de campos rupestres dos Cerrados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal e Tocantins.

A pitaia do cerrado demonstra grande potencial de exportação para outros países, visto tratar se de um fruto similar a outras variedades cultivadas em plantios comerciais, amplamente divulgadas e apreciadas em todo o mundo, principalmente em relação à pitaia amarela ou colombiana (*Selenicereus megalanthus*). Porém, a saborosa, como já diz o próprio nome, é caracterizada por sabor mais agradável, que lembra uma mistura de kiwi com maracujá, e sua aparência é muito mais atrativa para o consumidor.

As investigações científicas inerentes à pitaia do cerrado inexistem, principalmente no que tange à sua maturidade, com vistas à determinação do seu estágio ótimo de colheita. O conhecimento das fases de desenvolvimento do fruto contribuirá sobremaneira para o entendimento do seu comportamento pós-colheita e a otimização de técnicas voltadas para sua conservação, com melhor aproveitamento comercial e minimização de perdas.

Desse modo, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar as alterações físicas, químicas e fisiológicas da pitaia nativa (*Selenicereus setaceus*) do Cerrado Brasileiro durante o seu desenvolvimento, caracterizar o padrão respiratório do fruto, além de avaliar a aceitabilidade sensorial do sabor em diferentes estádios de maturação, visando obter respostas na determinação do estágio de maturação mais adequado para a colheita do fruto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento

O experimento foi conduzido, entre os meses de agosto e dezembro de 2007, numa área com vegetação nativa, típica do Cerrado, no município de Itumirim, sul do estado de Minas Gerais, Brasil. A altitude do local é de 870m e está localizado a 21°19'02''S de latitude e 44°52'14''W de longitude (Coordenadoria Regional do Departamento de Estradas e Rodagem/MG, 2005). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo de transição entre Cwb e Cwa, ou seja, verões quentes e úmidos com inverno seco e moderado (Köppen, 1936), precipitação média anual de 1.530mm e temperatura média anual de 19,4°C (Brasil, 1992).

Foram selecionados, ao acaso, 120 cladódios da espécie *Selenicereus setaceus*, de diferentes idades e tamanhos, quanto à ausência de pragas e doenças, nos quais foram marcadas 5 inflorescências por cladódio, em estádios de desenvolvimento visualmente homogêneos.

A partir da formação dos frutos, aos sete dias após a antese, foram iniciadas as coletas, realizadas a cada sete dias. O período total de coleta prolongou-se até que os frutos se desprendessem da 'planta-mãe', ou seja, quando da sua abscisão.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado simples, representado pelos nove períodos de coleta. Em cada estágio de avaliação, 45 frutos foram coletados, divididos em 3 lotes iguais, representando as repetições.

O material experimental foi colhido pela manhã e acondicionado em sacos de polietileno de baixa densidade, que foram colocados em caixas de isopor higienizadas e transportados nas condições ambientais (20°-25°C, aproximadamente 1 hora) para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e

Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Imediatamente após a chegada ao laboratório, os frutos foram selecionados, verificando-se a ausência de injúrias, podridões e pragas, e lavados com detergente neutro e água corrente para a retirada das sujidades superficiais provenientes do campo.

2.2 Análises realizadas

As características qualitativas do desenvolvimento da pituaia nativa foram verificadas; entre elas, as épocas de floração e frutificação, bem como o período compreendido entre a antese e a abscisão do fruto.

A avaliação da massa fresca (g) foi realizada com a pesagem individual de cada fruto em balança semianalítica e os diâmetros longitudinal e transversal (cm), com a utilização de paquímetro manual. Com os dados obtidos, foram determinadas as taxas de crescimento relativo para massa fresca (g.dia^{-1}) e diâmetros longitudinal e transversal (cm.dia^{-1}), por meio da fórmula $\text{TCR} = (V_1 - V_0)/(T_1 - T_0)$, em que TCR = taxa de crescimento relativo; V = valores dos parâmetros avaliados; V_0 = valor inicial; V_1 = valor final; T = época da avaliação (dias após a antese); T_0 = tempo inicial e T_1 = tempo final.

Os valores de coloração da pituaia do cerrado foram determinados com o auxílio do colorímetro Minolta, modelo CR-400, com iluminante D_{65} e no sistema CIE $L^*a^*b^*$. As leituras dos valores L^* , a^* e b^* foram feitas em cinco pontos aleatórios da casca do fruto de cada repetição.

O teor de clorofila da casca foi determinado após homogeneização, em homogeneizador de tecidos, de 1g do material em 10 mL de acetona (Bruinsma, 1963). A leitura da absorvância foi efetuada a 652 nm e os resultados expressos em mg.100 g^{-1} de casca, segundo a equação adotada por Engel & Poggiani (1991): $\text{clorofila total} = [(A_{652} \times 1000 \times v/1000w)/34,5] \times 100$, sendo

A_{625} = leitura da absorbância a 652 nm, v = volume final do extrato clorofila-acetona e w = peso da casca em g.

A extração e a quantificação de betacianinas foram realizadas segundo a metodologia proposta por Forni et al. (1992), com algumas modificações. A casca do fruto foi triturada em homogeneizador de tecidos com etanol 80% (v/v) por cerca de 3 minutos, na proporção de 1:5 p/v, relação massa da casca do fruto (g)/solvente (mL). Posteriormente, o material foi prensado manualmente em pano fino para retirada dos resíduos sólidos e a solução restante filtrada em papel filtro Whatman nº 1. Ao filtrado foi adicionado tampão acetato 0,1 M com pH 4,5 e, em seguida, feita a leitura em espectrofotômetro, a 538 nm. Os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de casca, segundo a equação: $\text{Betacianinas} = [(A_{538} \times F \times \text{MM} \times 1000/\epsilon)]$, em que A = absorbância a 538 nm, F = é o fator de diluição, MM = peso molecular da betacianinas ($550 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) e ϵ = a extinção molar coeficiente de betacianinas ($60.000 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$).

As análises de acidez titulável (AT), pH e sólidos solúveis (SS) foram realizadas em homogenato filtrado, após trituração da polpa do fruto em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (20 g da polpa diluída em 100 mL de água destilada). A determinação de AT (% de ácido málico) foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1 N, utilizando como indicador a fenolftaleína (Instituto Adolfo Lutz, 1985). O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3MP), segundo a Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000). Os SS foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 2000).

Os açúcares solúveis totais (AST) (% de glicose na polpa) foram extraídos com álcool etílico a 70% e determinados, espectrofotometricamente, a 620 nm, pelo método de Antrona (Dische, 1962). O amido foi extraído por

hidrólise ácida, segundo a técnica da AOAC (2000) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944).

2.3 Atividade respiratória e produção de etileno

A taxa respiratória da pitiaia nativa foi determinada dos 7 aos 70 dias após a antese. Na determinação do padrão da atividade respiratória e produção de etileno, foram utilizados frutos com 42 (casca totalmente verde), 49 (casca verde com alguns pontos vermelhos), 56 (casca vermelha com alguns pontos verdes) e 63 (casca totalmente vermelha) dias após a antese. Cada estádio analisado foi composto por cinco frutos, que foram colocados individualmente em frascos de 590 mL, a 20°C, na ausência de luz, os quais foram hermeticamente fechados durante 1 hora e as análises realizadas a cada 8 horas, durante 3 dias. Após este período, foram retiradas as amostras de gases para a atividade respiratória determinada pela quantificação de CO₂ e etileno por meio de um septo de silicone existente na tampa do frasco. O teor de CO₂ foi determinado diretamente no frasco com o auxílio de um analisador de gases PBI Dansensor (Modelo 9900) e os resultados expressos em mL.CO₂.kg⁻¹.h⁻¹. Para a determinação de etileno, alíquotas do gás foram retiradas em tubos a vácuo de 10 mL, durante 5 minutos. Por meio de uma seringa, retiraram-se 0,5 mL de amostra dos tubos para injeção em cromatógrafo gasoso Modelo Varian Chrompack CP-3800, equipado com detector de ionização de chamas e nas seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q, temperatura do injetor de 250°C, temperatura do detector de 280°C, programação da coluna com temperatura inicial de 90°C, sendo a temperatura da coluna acrescida após 4 minutos e meio, a uma taxa de 100°C a cada minuto, até atingir 220°C para limpeza da coluna; gás de arraste nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL.min.⁻¹ e 0,1 psi, respectivamente. Os resultados foram expressos em µL C₂H₄.kg⁻¹.h⁻¹, com base na área de um padrão de 90 µL.kg⁻¹.h⁻¹.

2.4 Teste de aceitabilidade

Frutos com 49, 56, 63 e 70 dias após a antese, no mesmo dia da colheita, tiveram as suas polpas retiradas da casca e servidas individualmente em copos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos e apresentados, de forma aleatória, para um painel composto por 25 provadores não treinados, de ambos os sexos e variação da faixa etária. A aceitabilidade da pitaiia nativa em relação ao atributo sabor foi realizada com a utilização de uma escala hedônica variando de um a nove pontos, referentes aos termos hedônicos: 1 - “desgostei extremamente” e 9 - “gostei extremamente”.

2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR 4.3 (Ferreira, 1999). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. As médias dos períodos de avaliação foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos foram selecionados de acordo com a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação. No teste de aceitabilidade, as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos do desenvolvimento

A emergência da inflorescência da pitiaia nativa do cerrado (*Selenicereus setaceus*) no município de Itumirim, MG, Brasil, no ano de 2007, ocorreu no final do mês de agosto, com o ápice da antese acontecendo em setembro ($\approx 60\%$ das flores), evento que só pôde ser detectado no período da noite, quando foi polinizada principalmente por morcegos. Segundo Junqueira et al. (2002), os botões florais da pitiaia nativa abrem-se somente depois do pôr do sol, quando são polinizados por morcegos (quiropterofilia) e mariposas (falenofilia), e as flores duram apenas uma noite.

Das flores marcadas ($n=600$), $46\pm 6,32\%$ frutificaram, com os primeiros frutos maduros encontrados em outubro e o pico de produção em novembro.

O intervalo entre a antese (abertura da flor) e a abscisão do fruto foi de 70 dias (10 semanas). O período entre a antese e o amadurecimento dos frutos é variável entre as espécies, iniciando-se, normalmente, com a fertilização, que é seguida por etapas, como formação, crescimento e maturação, incluindo a fase de amadurecimento e senescência (Biale & Young, 1964).

O número de dias compreendido entre a antese até a maturação dos frutos tem sido sugerido índice de maturidade para cactáceas (Nerd et al., 1999; To et al., 2002) culminando em 91 dias (13 semanas) para pitiaia amarela (*Selenicereus megalanthus*) (Weiss, 1994) e 49 dias (7 semanas) para a pitiaia vermelha (*Hylocereus undatus*) (Le Bellec et al., 2006).

A formação e o crescimento da pitiaia nativa iniciaram-se com a polinização e a fertilização da flor, seguidas de rápido crescimento das paredes do ovário, resultando na formação inicial do fruto aos 7 dias após a abertura da flor, com o mesocarpo (polpa), podendo ser observado a partir de 21 dias. Aos 14 dias, foi verificada a presença de espinhos aderidos ao exocarpo (casca), que,

aos 42 dias, se apresentavam rígidos e completamente formados. A mudança mais marcante observada visualmente durante o desenvolvimento da pitiaia nativa foi o surgimento de alguns pontos vermelhos na casca do fruto aos 49 dias após a antese, seguindo essa tendência até os 63 dias, quando a casca estava totalmente vermelha (Figura 1).



FIGURA 1 Alterações visuais da pitiaia nativa do cerrado (*Selenicereus setaceus*), durante o seu desenvolvimento.

3.2 Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento

A massa fresca (MF) e os diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT) apresentaram comportamento quadrático de incremento com o desenvolvimento da pitiaia nativa ($p < 0,05$). Os valores máximos atingidos por essas variáveis foram encontrados aos 63 dias após a antese (MF= 72,5 g; DL= 7,98 cm; DT= 4,43 cm), coincidindo com o estágio em que a coloração da casca do fruto se apresentou totalmente vermelha (Figura 2A e B). As taxas de

crescimento relativo para massa fresca e diâmetro longitudinal mostraram comportamento semelhante, apresentando valores majoritários de crescimento aos 14 dias após a antese. A partir desse período, houve um decréscimo nesses valores até o 21º dia, com posterior retomada do crescimento até o 28º dia e nova redução, seguindo essa tendência, até o final do desenvolvimento (70 dias). Para o crescimento relativo do diâmetro transversal, observou-se acréscimo na taxa de crescimento até os 14 dias, com redução gradual desses valores até os 70 dias após a antese (Figura 2C e D).

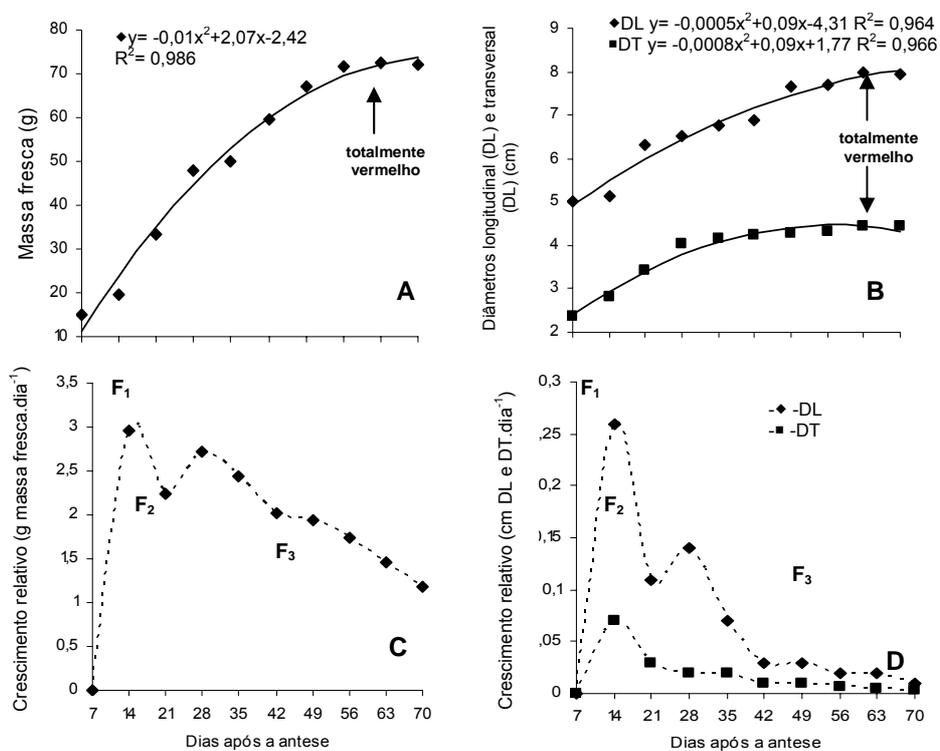


FIGURA 2 Alterações da massa fresca (♦)(A), diâmetros longitudinal (DL) (♦) e transversal (DT) (▪) (B), taxa de crescimento relativo da massa fresca (♦) (C) e taxas de crescimento relativo dos diâmetros longitudinal (♦) e transversal (▪) (D) de pitaia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

O padrão de desenvolvimento cumulativo para a pitiaia nativa do cerrado sugere um modelo de crescimento sigmoidal duplo, evidenciado por três fases distintas de crescimento (Figura 2C e D). A Fase I (F_1) foi caracterizada por uma rápida expansão do fruto até os 14 dias após a antese; na Fase II (F_2), que ocorreu dos 14 aos 21 dias, o fruto desenvolve-se de maneira reduzida e, na Fase III (F_3), o fruto entra novamente em um novo período ativo de expansão até os 28 dias, seguindo uma tendência de desaceleração do crescimento a partir desse período, com o fruto alcançando o seu tamanho final aos 63 dias após a antese. Segundo Monselise (1986), em alguns outros frutos, como a amora e o pêssego, o período de transição entre as duas fases de crescimento pronunciado, característico da curva sigmoidal dupla, foram indicativos do desvio de recursos para subestruturas em desenvolvimento, notadamente o mesocarpo e o endocarpo. Miyashita et al. (1964) e Cheng & Breen (1992), estudando o desenvolvimento de morangos e acerolas, também relacionam o período de transição do padrão sigmoide duplo com o crescimento do mesocarpo, aumentando inicialmente por divisão celular e posteriormente por expansão celular. Possivelmente, esse período de transição na pitiaia nativa (Figura 2C e D) representa uma transferência de recursos para o desenvolvimento do mesocarpo e das sementes, embora não existam resultados que demonstrem essas evidências.

Os valores de L^* e a^* da casca da pitiaia nativa aumentaram significativamente com o desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$) (Figura 3A). A coordenada b^* não foi significativa, apresentando valor médio igual a 23,9. Com base na coordenada a^* , a pitiaia nativa apresenta diferenças bem definidas na cor da sua casca com a sua maturação, com tímido aumento até os 49 dias após a antese, quando os frutos se encontraram mais verdes que vermelhos, com valores na ordem de -6,23. Aos 56 dias, já com a casca mais vermelha que verde, observaram-se valores acentuados dessa variável, em torno de 27,56,

seguindo essa tendência com o desenvolvimento do fruto. A clorofila e as betacianinas da casca do fruto mostraram comportamento contrário, com decréscimo e acréscimo nos seus teores com o seu desenvolvimento ($p < 0,05$), respectivamente (Figura 3B).

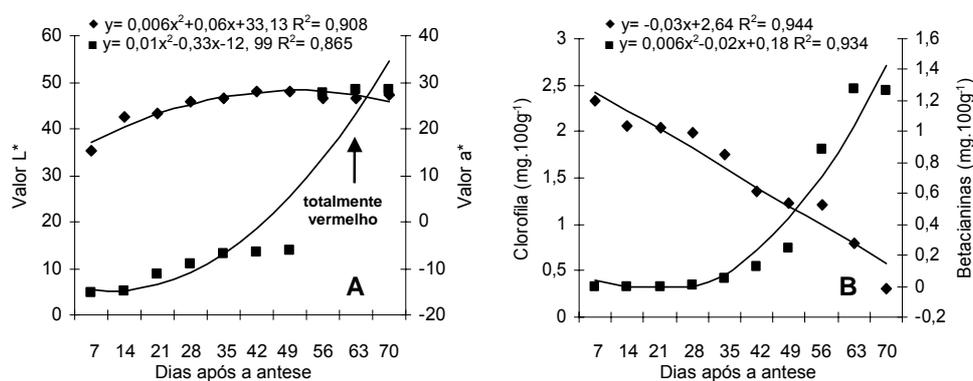


FIGURA 3 Alterações na cor - coordenadas L*(♦) e a* (■) (A) e nos teores de clorofila (♦) e betacianina (■) (B) da casca de pitaya nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

O valor a* representa a variação do verde ao vermelho e o seu aumento com o desenvolvimento do fruto (Figura 3A) reflete a perda da intensidade da cor verde com o surgimento e a evolução da tonalidade vermelha. Esse comportamento foi acompanhado da redução dos teores de clorofila e aumento das betacianinas (Figura 3B), permitindo associar as mudanças na coloração da casca da pitaya nativa com a degradação da clorofila e concomitante síntese de betacianinas. Os pigmentos predominantes na maioria das cascas das cactáceas quando maduras são as betacianinas, sendo responsáveis pela coloração vermelha com o desenvolvimento do fruto (Forni et al., 1992). A mudança característica inicial da maturação dos frutos é a perda gradual da cor verde com

o surgimento de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (carotenoides e flavonoides), que podem estar presentes junto com a cor verde, sendo revelados somente após a degradação da clorofila, ou ser sintetizados durante a maturação (Coombe, 1976). Nerd et al. (1999) e To et al. (2002) reportaram que o estágio ótimo de colheita para a pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) ocorre quando a casca encontra-se totalmente vermelha, podendo ser indicada por meio da coordenada a^* . No caso da pitáia nativa, a casca do fruto se apresentou totalmente vermelha aos 63 dias após a antese, com valor médio de a^* igual a 28,32. Contudo, o tempo gasto até a coloração total da casca pode variar devido, principalmente, às condições edafoclimáticas às quais a cultura está submetida.

A acidez titulável da polpa da pitáia nativa reduziu acentuadamente durante o seu desenvolvimento ($p < 0,05$), com destaque para os teores aos 42 dias após a antese (0,71% ácido málico - fruto com casca totalmente verde), sendo superior aos teores encontrados aos 63 dias (0,4% ácido málico - fruto com casca totalmente vermelha) (Figura 4A). Comportamento contrário, mas condizente, foi observado para o pH, aumentando com o desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$) (Figura 4B).

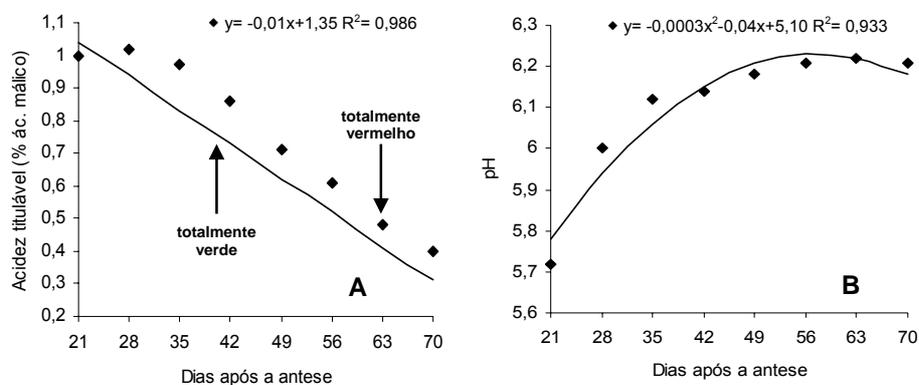


FIGURA 4 Alterações nos valores de acidez titulável (AT) (♦) (A) e pH (♦) (B) da polpa de pitaiia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

Usualmente, a concentração de ácidos orgânicos dos frutos declina com o avanço da maturação, fato que foi verificado para a pitaiia nativa (Figura 4A), podendo ocorrer em decorrência da utilização desses compostos como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares (Biale & Young, 1964). Outro aspecto é a importância dos ácidos orgânicos nas características de sabor (acidez) e do aroma dos frutos, uma vez que alguns compostos são voláteis (Coombe, 1976). Se comparada com outras cactáceas, a acidez titulável da pitaiia nativa aos 63 dias após a antese se assemelha à da pitaiia vermelha (*Hylocereus undatus*), com 0,36% (Nerd et al., 1999).

A concentração de sólidos solúveis (SS) e de açúcares solúveis totais (AST) quantificados na polpa da pitaiia nativa aumentou acentuadamente com a evolução dos estádios de desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$), com valores máximos aos 63 dias após a antese, período em que a casca do fruto se apresentou totalmente vermelha, representando 17,6% e 11,57%, respectivamente (Figura 5A e B). Simultaneamente ao aumento de AST, o

amido mostrou-se com altas concentrações nos frutos jovens, decrescendo com o avanço do desenvolvimento dos mesmos ($p < 0,05$) (Figura 5B).

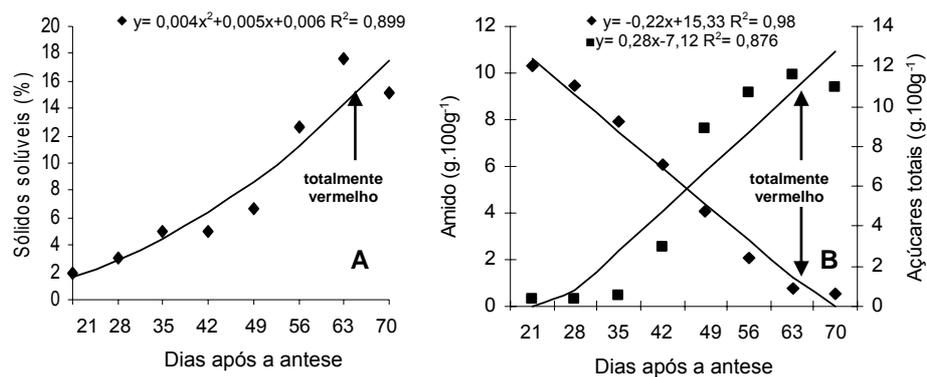


FIGURA 5 Alterações nos teores de sólidos solúveis (SS) (♦) (A) e amido (♦) e açúcares solúveis totais (AST) (■) (B) da polpa de pitaiia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

Os SS compreendem, principalmente, os açúcares, sendo o seu teor dependente do estágio de maturação do fruto, aumentando durante a maturação pela biossíntese de mono e dissacarídeos, ou degradação de polissacarídeos (Coombe, 1976). Uma das principais transformações que ocorrem na maturação de frutos é o acúmulo de açúcares, podendo os mesmos serem derivados diretamente da seiva importada pelo fruto, antes ou concomitantemente à degradação do amido, tendo efeito direto no desenvolvimento da qualidade comestível plena do fruto, em especial com o aumento no grau de doçura (Biale & Young, 1964). Os açúcares ainda podem ser utilizados como substrato no processo respiratório (Tucker, 1993), o que pode explicar a redução dos valores de SS e AST aos 70 dias após a antese (Figura 5A e B).

3.3 Taxa respiratória e produção de etileno

A taxa respiratória da pitaia nativa, medida pelo acúmulo de CO₂, apresentou redução com o desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$), variando de 25,34 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para 16,39 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, aos 7 dias e 70 dias após a antese, respectivamente (Figura 6).

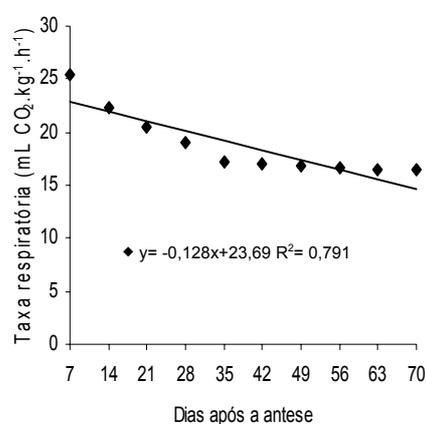


FIGURA 6 Alterações na taxa respiratória de pitaia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

Na avaliação do padrão respiratório e na produção de etileno da pitaia nativa do cerrado, essas variáveis apresentaram comportamento similar, sendo marcadas por um ligeiro declínio de seus valores com o transcorrer do período de avaliação, independentemente do estágio de desenvolvimento ($p < 0,05$) (Figura 7A e B).

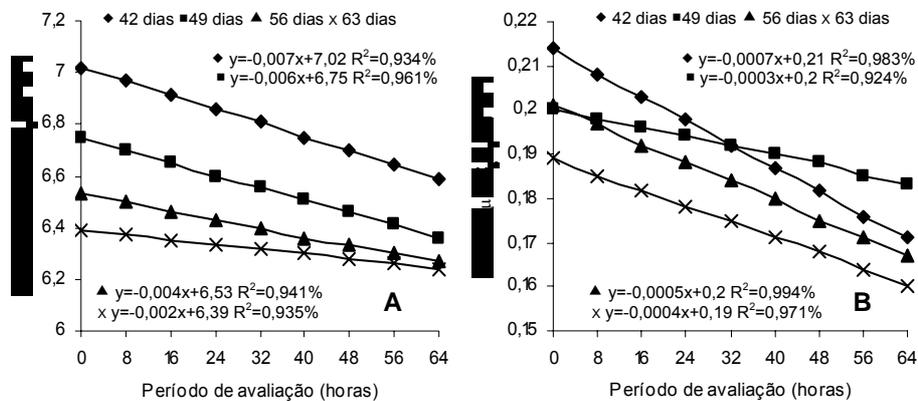


FIGURA 7 Alterações na taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de pitaiia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese.

A atividade respiratória da pitaiia nativa (Figuras 6, 7A e 7B) mostrou-se com padrão típico de frutos não climatéricos, com pequena redução após a colheita, além de ser relativamente baixa (Kays, 1997). Neste caso, os frutos não são capazes de completar o processo de amadurecimento quando colhidos maduros fisiologicamente, portanto, devem permanecer na planta-mãe até o final da maturação (Biale & Young, 1964). Outras espécies de cactáceas também são definidas como frutos não climatéricos, entre elas, a pitaiia amarela (*Selenicereus megalanthus*) (Nerd & Mizrahi, 1998) e a pitaiia vermelha (*Hylocereus undatus*) (Nerd et al., 1999).

Com base na intensidade da produção de CO₂, a pitaiia nativa pode ser relacionada à categoria de frutos com atividade respiratória muito baixa (<10 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) (Kader, 2002), constituindo um produto vegetal com baixa perecibilidade natural, contribuindo sensivelmente para o incremento da sua vida pós-colheita, sem perda da aceitabilidade.

3.4 Teste de aceitabilidade

O estágio de maturação afetou significativamente o teste de aceitabilidade da pitiaia nativa ($p < 0,05$). Os frutos aos 63 dias tiveram maior aceitação em relação ao sabor, quando comparados com aqueles coletados aos 49 dias, 56 dias e 70 dias após a antese, que diferiram entre si (Tabela 1).

TABELA 1 Teste de aceitabilidade em relação ao atributo sabor da pitiaia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, aos 49 dias, 56 dias, 63 dias e 70 dias após a antese.

Estádios	Sabor*
49 dias	3,84d
56 dias	7,28b
63 dias	8,16a
70 dias	6,04c

*Médias seguidas da mesma letra representam semelhanças estatísticas entre o tratamento, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As melhores notas atribuídas pelos provadores em relação ao sabor para a pitiaia nativa aos 63 dias após a antese devem-se, provavelmente, aos constituintes químicos encontrados na polpa do fruto nesse estágio, com reduzidos teores de amido e acidez titulável e acentuadas concentrações de sólidos solúveis e açúcares totais (Figuras 4A, 5A e 5B). A relação entre os parâmetros químicos e o teste de aceitabilidade do sabor permite inferir que a pitiaia nativa alcança a sua máxima qualidade de consumo aos 63 dias após a antese, quando a casca do fruto se encontrava totalmente vermelha. As principais transformações que ocorrem durante a maturação se refletem nos atributos de qualidade dos produtos vegetais, com destaque para as modificações do sabor, caracterizadas pela hidrólise de polissacarídeos de reserva,

interconversão de açúcares, síntese e/ou degradação de ácidos orgânicos e polimerização de fenólicos (Biale & Young, 1964).

Observa-se, ainda, que, aos 70 dias após a antese, ocorreu um decréscimo nas notas atribuídas pelos provadores para o sabor, quando comparadas com as obtidas aos 63 dias após a antese (Tabela 1), possivelmente, em decorrência do fruto se apresentar na senescência. Com o avanço da senescência, ocorre predomínio dos processos degradativos (anabólicos), conduzindo a algumas mudanças associadas à qualidade, como amaciamento dos tecidos e redução nos teores de ácidos orgânicos e açúcares, que são utilizados como substratos no processo respiratório, tendo influência direta na aceitação sensorial (Lima et al., 2009). De acordo com Kays (1997), o sabor dos frutos está intimamente ligado às mudanças nas concentrações de acidez e açúcares.

Resultados semelhantes foram encontrados para “cactus pear” (*Opuntia ficus-indica* L.), com o melhor sabor encontrado quando a casca do fruto estava totalmente colorida (Barbera et al., 1992), diferentemente da pitaia amarela (*Selenicereus megalanthus*), cujo ápice do sabor se deu com o início do surgimento da coloração da casca (Nerd & Mizrahi, 1998).

4 CONCLUSÕES

O período compreendido entre a antese e a abscisão da pitaia nativa (*Selenicereus setaceus*), no ano de 2007, no município de Itumirim, Minas Gerais, Brasil, é de 70 dias, com floração inicial no final do mês de agosto e os primeiros frutos maduros encontrados em outubro, com pico de produção em novembro.

A pitaia nativa do cerrado apresenta um padrão de crescimento sigmoidal duplo.

O período de 63 dias após a antese (casca totalmente vermelha) foi marcado pelo tamanho final do fruto e por torná-lo atrativo e apto para o consumo, culminando com os maiores teores de betacianinas na casca e sólidos solúveis e açúcares totais na sua polpa, bem como as maiores notas atribuídas pelos provadores em relação ao sabor. Sendo assim, esse estágio é indicado para a colheita do fruto.

A pitaia nativa pode ser classificada como um fruto não climatérico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17. ed. Washington, 2000. 1410 p.

BARBERA, G.; CARIMI, F.; PANNO, M. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. **Journal Horticultural Science**, London, v. 67, n. 3, p. 307-312, May 1992.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**, Washington, v. 146, n. 3646, p. 164-174, 1964.

BORLAUG, N. E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: BAILEY, R. (Ed.). **Global warming and other eco-myths**. Roseville: Competitive Enterprise Institute, 2002. p. 29-60.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas**: 1961-1990. Brasília, 1992. 132 p.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, New York, v. 2, n. 2, p. 241-249, Apr. 1963.

CHENG, G. W.; BREEN, P. J. Cell count and size in relation to fruit size among strawberry cultivars. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 11, p. 946-950, Nov. 1992.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, n. 1, p. 507-528, June 1976.

COORDENADORIA REGIONAL DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE MINAS GERAIS. **Dados sobre Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/municípios>>. Acesso em: 10 nov. 2008.

DAMIANI, C.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; FERRI, P. H.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L. J. Volatile compounds profile of fresh-cut peki fruit stored under different temperatures. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 435-439, abr./jun. 2009.

DAMIANI, C.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L. J. Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 203-212, jan./fev. 2008.

DISCHE, E. Color reactions of carbohydrates. In: _____. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Academy, 1962. v. 1, p. 477-512.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, jun. 1991.

FERREIRA, D. F. **Sistema para Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999. 92 p.

FORNI, G.; POLESELLO, A.; MONTEFIORI, D.; MAESTRELLI, A. High-performance liquid chromatographic analysis of the pigments of blood-red prickly pear (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 593, n. 1, p. 177-183, Feb. 1992.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 181 p.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; SALVIANO, A.; PEREIRA, A. V. Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) nativa do cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

KADER, A. A. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____. **Postharvest technology os horticultural crops**. 3. ed. California: University of California, 2002. p. 435-461. (Davis Publication, 3311).

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1997. 532 p.

KÖPPEN, W. Das geographische system der climate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1936. v. 1, p. 1-44.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 4, p. 237-250, July/Aug. 2006.

LIMA, M. A. C.; SILVA, A. L.; AZEVEDO, S. S. N. Evolução de indicadores do ponto de colheita em manga 'Tommy Atkins' durante o crescimento e a maturação, nas condições do Vale do São Francisco, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 432-439, mar./abr. 2009.

MIYASHITA, R. K.; NAKASONE, H. Y.; LAMOUREUX, C. H. **Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, 1964. 31 p. (Technical Bulletin, 63).

MONSELISE, S. P. **Handbook of fruit set and development**. Boca Raton: CRC, 1986. 568 p.

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

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactacea). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 39-45, Jan. 1999.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Fruit development and ripening in yellow pitaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 560-562, Nov. 1998.

RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 260-265, jul./set. 2009.

RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. B.; PICCOLI, R. H.; PAULA, N. R. F.; PINTO, D. M.; VILAS-BOAS, B. M. Efeito do tipo de corte e sanificantes no amaciamento de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1793-1799, nov./dez. 2007.

SILVA, E. P.; VILAS-BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; SIQUEIRA, H. H. Caracterização física, química e fisiológica de gabirola (*Campomanesia pubescens*) durante o desenvolvimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 803-809, dez. 2009.

SOUZA, E. C.; VILAS-BOAS, E. V. B.; VILAS-BOAS, B. M.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Qualidade e vida útil de pequi minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1811-1817, nov./dez. 2007.

TO, L. V.; NGU, N.; DUC, N. D.; HUONG, H. T. T. Dragon fruit quality and storage life: effect of harvesting time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 575, n. 1, p. 611-621, Apr. 2002.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. p. 1-51.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, Dec. 1994.

CAPÍTULO 3

VALOR NUTRICIONAL, POTENCIAL ANTIOXIDANTE E PERFIL VOLÁTIL DE PITAIA NATIVA DO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de realizar a caracterização nutricional da pitáia nativa madura (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do Cerrado brasileiro e a avaliação do potencial antioxidante e do perfil volátil do fruto, em diferentes estádios de desenvolvimento. O experimento foi conduzido, entre os meses de agosto e dezembro de 2007, numa área com vegetação nativa, típica do cerrado, no município de Itumirim, sul do estado de Minas Gerais, Brasil. As flores foram marcadas por ocasião da antese e os frutos coletados a partir da formação da polpa, aos 21 dias, seguindo-se até a sua abscisão, que ocorreu aos 70 dias após a antese. O peso médio do fruto maduro foi de $72,5 \pm 3,62$ g, tendo a casca e a polpa representado $20,81 \pm 2,79\%$ e $79,19 \pm 3,02\%$ do seu peso total, respectivamente. Os teores de umidade da casca e polpa da pitáia nativa foram elevados, com o extrato etéreo e a proteína bruta com baixos teores. A fibra bruta na pitáia nativa foi de $2,16 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na casca e $0,65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na polpa. A fração glicídica apresentou valores, na pitáia nativa, de $10,84 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na casca e $15,63 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na polpa. Com base no valor calórico, a pitáia nativa apresentou $48,52$ kcal na casca e $84,54$ kcal na polpa. Os teores de cinzas foram de $0,98 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na casca e $0,82 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ na polpa da pitáia nativa. O potássio foi o elemento, entre os analisados, que apresentou maior teor tanto na casca quanto na polpa da pitáia nativa, seguido pelo magnésio, sódio, cálcio, fósforo, manganês, ferro, cobre, zinco e enxofre. As variáveis vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante total tiveram seus valores reduzidos significativamente com o desenvolvimento do fruto, apresentando teores de $17,31 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, $101,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $1,23 \text{ mg DPPH} \cdot \text{g}^{-1}$ fruta na polpa do fruto maduro, respectivamente. Os ácidos orgânicos na polpa da pitáia nativa decresceram com o desenvolvimento do fruto, tendo o ácido málico sido o predominante, com valores da ordem de $1,23 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$, no fruto maduro. As principais classes químicas dos compostos voláteis identificados na polpa da pitáia nativa foram os ésteres, predominantes, seguidos dos aldeídos e álcoois.

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the nutritional value of native pitaya ripe (*Selenicereus setaceus* Rizz.) from the Brazilian Cerrado (savanna-like vegetation) and the assessment of the antioxidant potential and profile of the volatile fruit at different stages of development. The experiment was conducted between August and December 2007, in an area with native vegetation, typical of the cerrado in the city of Itumirim, southern state of Minas Gerais, Brazil. Flowers were marked at anthesis, and fruits collected from the formation of the pulp at 21 days, followed by their abscission, which occurred 70 days after anthesis. The average weight of mature fruit was 72.5 ± 3.62 g, and the peel and pulp accounted for $20.8 \pm 2.79\%$ and $79.2 \pm 3.02\%$ of its total weight, respectively. The moisture content of peel and pulp of the native pitaya were high, with the ether extract and crude protein with low levels. The crude fiber in native pitaya was $2.16 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the skin and $0.65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the pulp. Fraction glycid values presented in native pitaya $10.84 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the skin and $15.63 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the pulp. Based on calorific value, native pitaya had 48.52 kcal peel and 84.54 kcal in the pulp. The ash contents were $0.98 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the skin and $0.82 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ in the pulp of the native pitaya. Potassium was the element, among those analyzed, which showed a higher content in both peel and pulp of the native pitaya, followed by magnesium, sodium, calcium, phosphorus, manganese, iron, copper, zinc and sulfur. Variables Vitamin C, total phenolics and total antioxidant activity values were significantly reduced with the development of the fruit, with levels of $17.31 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, $101.8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ and $1.23 \text{ mg DPPH} \cdot \text{g fruit}^{-1}$ in the pulp of the ripe fruit, respectively. The organics acids in the pulp of the native pitaya decreased with fruit development, and malic acid was predominant, with values of around $1.23 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ in the ripe fruit. The main chemical classes of volatile compounds identified in the pulp of the native pitaya were esters, predominant, followed by the aldehydes and alcohols.

1 INTRODUÇÃO

A eminente preocupação com a saúde, nos tempos atuais, tem despertado nos consumidores o interesse por alimentos cada vez mais saudáveis, sem, no entanto, descartar os atributos que contribuem para sua satisfação sensorial. As recomendações de dietas para uma vida saudável são unânimes quanto à inclusão ou ao aumento no consumo de frutas e hortaliças, por representarem excelentes fontes de fibras, vitaminas, minerais e fitonutrientes, contribuindo efetivamente para uma boa nutrição e a prevenção de doenças crônico-degenerativas.

Adicionalmente, os consumidores de todo o mundo têm sido atraídos por novos sabores, haja vista a crescente procura pelas frutas tropicais consideradas exóticas. Assim, as frutas nativas brasileiras, especialmente as de ocorrência na região do Cerrado, ainda pouco difundidas no mercado consumidor e pouco estudadas, do ponto de vista do valor nutritivo, mas com características sensoriais exóticas que despertam o interesse dos consumidores que as conhecem, merecem destaque.

A pitaia do cerrado (*Selenicereus setaceus* Rizz.), popularmente conhecida como saborosa, desconhecida da grande maioria da população, é uma cactácea que reúne atrativos sensoriais exóticos, peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente. O fruto apresenta formato oblongo a arredondado, pesando cerca de 80g, com casca avermelhada e recoberto com finos e rígidos espinhos, que se desprendem facilmente quando maduros. A polpa é branca, com numerosas sementes negras comestíveis, delicada e succulenta, podendo ser consumida *in natura* ou na forma de sorvetes, sucos e geleia. Tais características exóticas de cor e sabor (gosto e aroma) creditam ao fruto potencial de exploração nos mercados interno e externo, já que seu sabor é qualificado como mais agradável e sua aparência é muito mais atrativa para o

consumidor que outras cactáceas conhecidas e apreciadas em diversas partes do mundo, entre elas, a pitiaia vermelha (*Hylocereus undatus*) e a pitiaia amarela (*Selenicereus megalanthus*), frutas reconhecidas como fontes de nutrientes e com elevado valor comercial (Wybraniec & Mizrahi, 2002; Mahattanatawee et al., 2006; Wu et al., 2006).

A caracterização do valor nutritivo dos alimentos tem importância destacada, visto que as exigências nutricionais do ser humano são satisfeitas a partir de uma alimentação equilibrada. O balanço dietético se sustenta no conhecimento da composição química dos alimentos. Entretanto, as informações acerca do potencial nutricional das frutas do cerrado, em especial da pitiaia do cerrado, são limitadas ou, muitas vezes, inexistem, sugerindo a necessidade de investimentos científicos nessa área.

Inúmeros estudos têm enfatizado a presença de antioxidantes naturais nas frutas e o seu consumo regular pode estar associado à redução de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e mal de Alzheimer (Ness & Powles, 1997; Ishige et al., 2001; Liu et al., 2004; Abdille et al., 2005; Pieniz et al., 2009). Entre os antioxidantes naturais das frutas que têm recebido maior atenção, estão as vitaminas C (ácido ascórbico) e E (tocoferol), os carotenoides e os fenólicos, sobretudo, pelo fato de esses compostos serem capazes de inibir a oxidação, diminuindo a concentração de radicais livres no organismo (Halliwell, 1996; Hinnenburg et al., 2006).

Outro aspecto não menos importante é o sabor, que é uma resposta integrada às sensações do gosto e aroma, estando diretamente relacionado com a aceitação e a escolha de um produto alimentício. A percepção do deve-se à presença de compostos não voláteis, tais como açúcares, ácidos orgânicos, terpenoides, fenólicos e sais minerais, causando as sensações basicamente descritas como doce, ácido, amargo e salgado. A sensação do aroma é mais abrangente e envolve centenas a milhares de substâncias voláteis, pertencentes a

diferentes classes químicas, como ésteres, éteres, álcoois, cetonas, lactonas, ácidos, aldeídos e hidrocarbonetos (Thomazini & Franco, 2000; Riu-Aumatell et al., 2004). O conhecimento científico dos compostos voláteis responsáveis pelo sabor característico das frutas justifica-se pela importância que estes desempenham na sua qualidade e de seus produtos, além de aportarem as peculiaridades de aroma de um alimento, característica bem intensa e marcante nos frutos do cerrado.

Frente à escassez de informações sobre os frutos do cerrado e o seu potencial de inserção no agronegócio, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de realizar a caracterização nutricional da pitaia nativa madura (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do Cerrado brasileiro e a avaliação do potencial antioxidante e do perfil volátil do fruto, em diferentes estádios de desenvolvimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima e preparo das amostras

O trabalho foi conduzido, entre os meses de agosto e dezembro de 2007, numa área de pastagem nativa com formação típica do cerrado, localizada a 12 km da cidade de Itumirim, sul do estado de Minas Gerais, Brasil (altitude: 870 m, Latitude Sul: 21°19'02", Latitude Oeste: 44°52'14", precipitação média anual de 1.530mm e temperatura média anual de 19,4°C) (Coordenadoria Regional do Departamento de Estradas e Rodagem/MG, 2005).

Foram selecionados, ao acaso, 120 cladódios da espécie *Selenicereus setaceus*, de diferentes idades e tamanhos, quanto à ausência de pragas e doenças, nos quais foram marcadas 5 inflorescências por cladódio em estádios de desenvolvimento visualmente homogêneos.

A partir da formação da polpa dos frutos, aos 21 dias após a antese, foram coletados 40 deles, a cada 7 dias, com o período total de coleta estendendo-se até a sua abscisão, que ocorreu aos 70 dias após a antese.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado simples, representado por oito períodos de avaliação, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por dez frutos para as análises de vitamina C, fenólicos totais, atividade antioxidante total e ácidos orgânicos. A composição centesimal foi determinada em um único tempo (frutos maduros), sendo esta determinação constituída por seis repetições, sendo cada repetição representada por quatro frutos.

A colheita dos frutos foi realizada no período da manhã, utilizando-se tesouras de poda, deixando-se, aproximadamente, 1 cm de pedicelo. Em seguida, as pitaias foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade, colocadas em caixas de isopor higienizadas e transportadas nas condições ambientais (20°-25°C, aproximadamente 1 hora), para o Laboratório de Pós-

Colheita de Frutas e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à uniformidade de cor, sanidade e ausência de injúrias e defeitos. Depois, os espinhos foram retirados manualmente da casca e os frutos lavados com detergente neutro e água corrente para a retirada das sujidades superficiais provenientes do campo.

A polpa, juntamente com as sementes, foi retirada após corte transversal no fruto com o auxílio de facas afiadas e colheres, respectivamente. Em seguida, as amostras, nos diferentes estádios de desenvolvimento, foram imediatamente congeladas com nitrogênio líquido, colocadas em sacos de polietileno e armazenadas em *ultra-freezer* a, -80°C, para, posteriormente, serem analisadas.

2.2 Avaliações realizadas

2.2.1 Determinação das frações casca e polpa

Os frutos inteiros maduros (63 dias após a antese - casca totalmente vermelha) foram pesados individualmente em balança semianalítica, sendo, em seguida, retiradas a casca e a polpa, juntamente com as sementes, as quais foram pesadas separadamente. A massa média dos frutos foi expressa em gramas (g) e as frações casca e polpa + sementes em relação ao fruto inteiro em percentagem (%).

2.2.2 Determinação da composição centesimal

A composição centesimal foi realizada separadamente, na casca e na polpa da pitaita nativa madura. O teor de umidade foi determinado segundo a técnica gravimétrica, com o emprego do calor em estufa à temperatura de 105°C, com verificações esporádicas até a obtenção de peso constante (AOAC, 2005). O extrato etéreo (lipídeos e substâncias lipossolúveis) foi extraído nas amostras

com solvente orgânico (éter etílico), utilizando o aparelho de extração contínua tipo Soxhlet, segundo método da AOAC (2005). A proteína bruta foi determinada por meio do teor de nitrogênio por destilação em aparelho de Microkjedahl (AOAC, 2005), utilizando o fator 6,25 para o cálculo. A fibra bruta foi realizada pelo método gravimétrico após a hidrólise ácida, segundo a metodologia descrita por Kamer & Ginkel (1952). A fração cinzas, ou resíduo mineral fixo, foi determinada gravimetricamente, avaliando-se a perda de peso do material submetido ao aquecimento, a 550°C, em mufla (AOAC, 2005). A fração glicídica, ou extrato não nitrogenado, foi calculada pela diferença segundo a equação: $F.G. = 100 - (U + EE + P + F + C)$, sendo FG = fração glicídica (%); U = umidade (%); EE = extrato etéreo (%); P = proteína bruta (%); F = fibra bruta (%) e C = cinzas (%), considerando a matéria integral. Os resultados das variáveis citadas anteriormente foram expressos em $g.100\ g^{-1}$. O valor calórico total foi estimado conforme os fatores de conversão de Atwater, 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios, descritos por Osborne & Voogt (1978) e os resultados expressos em kcal.

2.2.3 Determinação de minerais

Os minerais foram determinados, separadamente, na casca e na polpa da pitaia nativa madura. Nessa análise, foi feita uma digestão nitroperclórica a quente, com 0,5 g de cada amostra na matéria seca. Ao final da digestão, o volume do extrato foi completado para 15 mL, com água deionizada. Nessa digestão, ocorre a retirada dos minerais dos compostos orgânicos da amostra ou que estão adsorvidos a eles. As determinações de cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando um aparelho modelo SpectrAA 110 (Varian INE), calibrado em condições específicas de comprimento de onda, fenda e mistura de gases para cada elemento. O fósforo e o enxofre foram analisados por

espectrofotometria de UV/Vis, em aparelho Perkin Elmer Lambda 25 UV/Vis. As determinações de potássio e sódio foram efetuadas por fotometria de emissão de chama, em aparelho Micronal B-262. Para todas as análises, utilizaram-se os procedimentos descritos por Malavolta et al. (1989). Para a construção das curvas de calibração, foram utilizadas ampolas de padrões para absorção atômica (Titrisol, Merck), devidamente diluídas em água ultrapura (Milli-Q). Os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

2.2.4 Determinação de vitamina C

O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado na polpa da pitáia nativa, ao longo do seu desenvolvimento, pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico. 100 g^{-1} de polpa.

2.2.5 Determinação de compostos fenólicos totais

Os fenólicos totais foram determinados na polpa da pitáia nativa, ao longo do seu desenvolvimento, sendo extraídos e doseados segundo a técnica descrita por Swain & Hills (1959), utilizando como extrator o metanol 80% (v/v). Na determinação, foi utilizado o método de Folin Denis, conforme A.O.A.C. (1992) e os resultados expressos em mg de ácido tânico. 100 g^{-1} de polpa.

2.2.6 Determinação da atividade antioxidante total (AAT)

A atividade antioxidante total foi avaliada na polpa da pitáia nativa, ao longo do seu desenvolvimento, por meio do método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) segundo Brand-Williams et al. (1995), adaptado por Rufino et al. (2007). Os resultados foram expressos em mg do fruto.g DPPH⁻¹.

2.2.7 Determinação dos ácidos orgânicos

As concentrações dos ácidos orgânicos (ácido acético, ácido láctico, ácido málico, ácido succínico, ácido tartárico, ácido cítrico, ácido propiônico e ácido oxálico) foram determinadas na polpa da pitiaia nativa ao longo do seu desenvolvimento por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A metodologia utilizada foi modificada a partir de Shimadzu (1998) e Schwan (2001).

A determinação dos ácidos orgânicos ocorreu no suco da polpa da pitiaia nativa, após ser triturada em homogeneizador de tecidos 'Politron' e o líquido obtido filtrado em papel filtro Whatman nº.1, sendo acondicionado em pote plástico e armazenado em ultrafreezer, a -80°C, para, posteriormente, ser analisado.

Para as análises cromatográficas, as amostras foram retiradas do ultrafreezer e deixadas à temperatura ambiente por, aproximadamente, 1 hora antes da análise em CLAE. Depois de estabilizada a temperatura, 100 µL das amostras foram diluídos 100 vezes em água mili-Q e filtradas em membrana ultrafiltrante (nitrato-celulose) de porosidade 0,20µm, marca Sartorius. Foram utilizados 20 µL de cada amostra para a corrida cromatográfica, injetados manualmente.

Foi utilizado um cromatógrafo de fase líquida Shimadzu, modelo LC-10Ai (Shimadzu Corp. Japão), equipado com detectores de índice de refração, modelo RID-10A, e de ultravioleta, modelo SPD-10Ai. A coluna utilizada foi de troca catiônica (poliestireno divinil-benzeno), modelo Shim-pack SCR-101H de 30 cm de comprimento e 7,9 mm de diâmetro (Shimadzu).

Para a determinação dos ácidos orgânicos, a coluna operou à temperatura de 50°C e a fase móvel foi água com pH ajustado para 2,1 com ácido perclórico a um fluxo de 0,6 mL/min. Os compostos foram detectados por meio do detector de ultravioleta, com comprimento de onda selecionado em 210 nm.

A quantificação foi realizada a partir da comparação com curvas de calibração, determinadas utilizando-se padrões certificados da marca Supelco.

2.2.8 Determinação de compostos voláteis

2.2.8.1 Extração dos compostos voláteis

As análises de extração e identificação dos compostos voláteis da polpa da pitatia nativa foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas- GC- 2010 - Gás Chromatograph Shimadzu, e GCMS - QP2010 Plus - Gas Chromatograph Mass Spectrometer.

O procedimento de extração envolveu a exposição da fibra de polydimethylsiloxiane/divinilbenzene (PDMS/DVB, 65 μ m, Supelco) ao “headspace” de cada amostra nos “vials”.

Preliminarmente às extrações, a fibra extratora foi condicionada a 250°C, por 60 minutos, no cromatógrafo gasoso Varian CP-3800. Entre cada exposição das amostras, a fibra (PDMS/DVB) era limpa e condicionada à temperatura de 250°C, por 30 minutos, no mesmo cromatógrafo.

Dois gramas da polpa da pitatia nativa em diferentes estádios de desenvolvimento (42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antes) foram transferidos para os “vials” com capacidade para 10 mL, os quais foram vedados com lacre de alumínio e septos de borracha faceados com teflon. Em seguida, foram levados para agitação à velocidade constante de 500 rpm, a 30°C, por 15 minutos.

Após este tempo de agitação, a fibra ficou exposta ao headspace dos “vials” contendo a polpa da pitatia nativa, por 15 minutos. Após 15 minutos de exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos por 2 minutos, a 250°C, em modo

split, na razão de 1:5.

2.2.8.2 Identificação dos compostos voláteis

Utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 μm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5), temperatura do injetor de 270°C, programação da coluna com temperatura inicial de 35°C, sendo acrescidos 4°C a cada minuto até atingir 270°C, gás de arraste hélio, com 1,78 mL.min⁻¹ na coluna, no modo split com pressão inicial na coluna de 120.9 kPa.

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

A identificação dos compostos voláteis foi efetuada por meio da comparação dos seus espectros de massas com o banco de dados existente na literatura, com base nos espectros avaliados pelo banco de dados (Wiley 8.LIB e FFNSC.1.2.lib). Visto que não foram utilizados padrões para a confirmação positiva da identidade dos compostos, estes foram considerados tentativamente identificados.

2.9 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico Sisvar 4.3 (Ferreira, 1999). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. As médias dos períodos de avaliação foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos foram

selecionados de acordo com a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação.

A composição centesimal e os teores de minerais da casca e polpa da pitaia nativa madura, aos 63 dias após a antese, foram representados pelo valor médio de seis repetições seguido do seu desvio padrão.

A identificação dos compostos voláteis na polpa da pitaia nativa aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese foi realizada em uma única amostra em cada estágio, constituída por seis frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Percentual das frações do fruto (casca e polpa)

Aos 63 dias após a antese, período correspondente ao estágio ótimo de maturação da pitáia nativa do cerrado, esta foi caracterizada pela coloração avermelha do epicarpo (casca) que, por sua vez, encontrou-se recoberto com finos e rígidos espinhos, porém, se desprendendo facilmente (Figura 1A). O mesocarpo, parte comestível do fruto, mostrou-se com consistência gelatinosa, aparência delicada e succulenta, de cor branca e com centenas de pequenas sementes negras comestíveis, distribuídas de forma homogênea ao longo da polpa (Figura 1B).

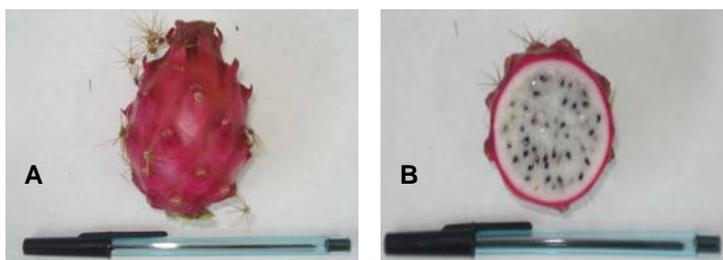


FIGURA 1 Fruto maduro de pitáia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro (A) e fruto cortado no sentido transversal, com a polpa à mostra (B).

A massa média do fruto maduro foi de $72,5 \pm 3,62$ g, tendo a casca e a polpa, juntamente com as sementes, representado $20,8 \pm 2,79\%$ e $79,2 \pm 3,02\%$ do seu peso total, respectivamente. A maioria das cactáceas, principalmente as pertencentes à espécie *Hylocereus*, apresenta a polpa variando de 60% a 80% do peso do fruto maduro, enquanto a casca varia de 40% a 20% (Nerd et al., 1999; Vaillant et al., 2005). Semelhantemente, a pitáia amarela (*Selenicereus*

megalanthus) tem percentual de polpa e casca em torno de 75% e 25% da massa fresca do fruto, respectivamente (Nerd & Mizrahi, 1998).

3.2 Composição centesimal e minerais

Os resultados obtidos na caracterização da composição centesimal da casca e polpa de pitáia nativa madura do cerrado brasileiro são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 Composição centesimal na matéria integral do epicarpo (casca) e mesocarpo (polpa) de pitáia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro.

Composição Centesimal	Casca	Polpa
Umidade (g.100 g ⁻¹)	85,25±2,79	79,31±2,08
Extrato etéreo (g.100 g ⁻¹)	0,32±0,06	1,74±0,26
Proteína (g.100 g ⁻¹)	0,57±0,1	1,59±0,11
Fibra (g.100 g ⁻¹)	2,16±0,32	0,65±0,08
Cinzas (g.100 g ⁻¹)	0,98±0,09	0,82±0,08
Fração glicídica (g.100 g ⁻¹)	10,84±0,94	15,63±0,88
Valor calórico (kcal)	48,52±0,89	84,54±2,22

* Valores médios±desvio padrão (n= 6).

Os teores de umidade da casca e polpa da pitáia nativa foram de 85,25 g.100 g⁻¹ e 79,31 g.100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 1). A água é o maior componente das frutas e hortaliças, perfazendo, no total de 80% até 95% de sua composição (Kays, 1997). O teor de água é bastante variável entre as espécies e depende do suprimento ao tecido à época da colheita, bem como da temperatura e umidade relativa do meio ambiente. Segundo Le Bellec (2003), Stintzing et al. (2003) e Vaillant et al. (2005), as cactáceas apresentam valores de umidade situando-se entre 75 a 88 g.100 g⁻¹, com destaque para a pitáia vermelha de

polpa branca (*Hylocereus undatus*), com teor na ordem de $80 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, próximo ao valor encontrado na polpa de pitáia nativa (*Selenicereus setaceus*).

O extrato etéreo e a proteína bruta da casca ($0,32 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $0,57 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e polpa ($1,74 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $1,59 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) da pitáia nativa (Tabela 1), assim como na maioria dos frutos, mostraram-se com baixos teores. De modo geral, as frutas não são fontes pronunciadas de proteínas, apresentando, em média, 1%, com as cascas mais ricas que as partes comestíveis (Gondim et al., 2005). Não obstante, grande parte das frutas contém baixos valores de lipídeos, em torno de 1%, estando esses associados nas camadas da cutícula protetora da superfície e nas membranas celulares (Kays, 1997). Le Bellec (2003), caracterizando a polpa de pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*), relatou teores de lipídeos e proteína na faixa de $1,17 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $1,25 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente, valores inferiores aos encontrados para a pitáia nativa.

A fibra bruta encontrada na pitáia nativa foi de $2,16 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, na casca e de $0,65 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, na polpa (Tabela 1). As fibras, constituídas de lignina e polissacarídeos da parede celular de vegetais, exercem importantes funções no organismo humano. Dietas pobres desse componente levam à constipação intestinal, ao aumento no risco de doenças coronarianas e ao aumento dos níveis sanguíneos de glicose e insulina (American Dietetic Association - ADA, 2008). Cascas, talos, folhas, bagaços e polpas de frutas são, normalmente, boas fontes de fibras, por apresentarem de 2% a 3% de fibras totais (Gondim et al., 2005). Logo, a casca da pitáia nativa pode ser considerada uma fonte potencial de fibra. Quando comparada com outras cactáceas, a pitáia nativa apresenta valores inferiores aos da pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) de polpa branca ($1,4 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e polpa vermelha ($1,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e superiores aos da pitáia amarela (*Selenicereus megalanthus*) ($0,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (Le Bellec, 2003; Stintzing et al., 2003; Vaillant et al. 2005). Outros autores discorrem sobre valores de fibra bruta para a pitáia vermelha (“red dragon”), variando de 2,14 a

3,2 g.100 g⁻¹, sendo essa variação atribuída às diferenças nas condições de solo, clima, precipitações pluviométricas e estágio de maturação (Mahattanatawee et al., 2006).

A fração glicídica, ou extrato não nitrogenado (ENN), representada pela porção de carboidratos dos alimentos, principalmente açúcares nos frutos e constituindo-se em fonte de energia facilmente aproveitável, apresentou valores na pitáia nativa de 10,84 g.100 g⁻¹, na casca e 15,63 g.100 g⁻¹, na polpa (Tabela 1). Se comparada com outras frutas, a fração glicídica da polpa da pitáia nativa se assemelha à da maçã 'Fuji' (15 g.100 g⁻¹), da pêra 'Williams' e da uva 'Itália' (14 g.100 g⁻¹) (Tabela..., 2006). Com base no valor calórico, a pitáia nativa apresentou 48,52 kcal na casca e 84,54 kcal na polpa (Tabela 1). O valor calórico encontrado na polpa da pitáia nativa é superior aos valores citados por Le Bellec (2003), para as espécies *Hylocereus undatus* e *Hylocereus costaricensis*, correspondendo a 37,9 kcal e 41,7 kcal, respectivamente. Diferentes frutas apresentam valores calóricos próximos aos encontrados na pitáia nativa, como maçã 'Fuji' e goiaba vermelha, com 84 kcal; ameixa, pêra 'Williams e uva 'Itália', com 85 kcal e abacaxi, manga 'Tommy Atkins e kiwi, com 86 kcal (Tabela..., 2006).

Os teores de cinzas, que constituem a fração inorgânica ou mineral dos alimentos, foram de 0,98 g.100 g⁻¹ na casca e 0,82 g.100 g⁻¹ na polpa da pitáia nativa (Tabela 1). Segundo Gondin et al. (2005), as frutas são consideradas as principais fontes de minerais na dieta humana, sendo encontrados nas cascas teores superiores que nas partes comestíveis. Le Bellec (2003), caracterizando a pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*), encontrou valores de cinzas em torno de 0,69 g.100 g⁻¹, inferior ao valor obtido na polpa da pitáia nativa. Frutas como a banana e o maracujá apresentam teores de cinzas muito próximos aos da pitáia nativa, na ordem de 0,8 g.100 g⁻¹ (Tabela..., 2006).

Na Tabela 2 estão apresentados os dados relativos aos teores de minerais na casca e polpa de pitáia nativa madura do cerrado brasileiro.

TABELA 2 Minerais na matéria integral do epicarpo (casca) e mesocarpo (polpa) de pitáia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro.

Minerais	Casca	Polpa
Fósforo (mg.100 g ⁻¹)	23,6±3,46	12,5±2,12
Potássio (mg.100 g ⁻¹)	298,4±2,67	326,1±3,09
Cálcio (mg.100 g ⁻¹)	30,1±1,86	29,6±1,14
Magnésio (mg.100 g ⁻¹)	234,5±2,89	265,8±1,22
Enxofre (mg.100 g ⁻¹)	0,2±0,02	0,1±0,01
Sódio (mg.100 g ⁻¹)	34,6±0,8	33,9±1,2
Manganês (mg.100 g ⁻¹)	14,9±2,35	11,6±2,27
Cobre (mg.100 g ⁻¹)	1,1±0,02	1,2±0,04
Zinco (mg.100 g ⁻¹)	0,3±0,02	0,2±0,02
Ferro (mg.100 g ⁻¹)	2,9±0,03	2,3±0,02

* Valores médios ± desvio padrão (n= 6).

O potássio foi o elemento, entre os analisados, que apresentou maior teor tanto na casca quanto na polpa da pitáia nativa, seguido por magnésio, sódio, cálcio, fósforo, manganês, ferro, cobre, zinco e enxofre (Tabela 2). Nota-se que a pitáia nativa apresenta teores de potássio, magnésio, cálcio, sódio e ferro superiores aos mencionados para diversas frutas, como abacaxi, maçã ‘Fuji’, mamão ‘Formosa’, melão, morango e pêra ‘Williams’ (Tabela..., 2006). Stintzing et al. (2003), caracterizando quimicamente a polpa de pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*), verificaram que o potássio foi o íon prevalente (320 mg.100 g⁻¹), seguido por magnésio (265 mg.100 g⁻¹), sódio (33 mg.100 g⁻¹) e cálcio (23 mg.100 g⁻¹). Assim, pode-se observar que os mesmos minerais predominantes na pitáia nativa (*Selenicereus setaceus*) também se sobressaíram

na pitaita vermelha (*Hylocereus undatus*), porém, com valores superiores àqueles citados por Stintzing et al. (2003).

Os minerais desempenham função vital no peculiar desenvolvimento e boa saúde do corpo humano e as frutas são consideradas as principais fontes de minerais necessários na dieta humana.

O potássio é o principal cátion intracelular que contribui para o metabolismo e para a síntese das proteínas e do glicogênio. É um dos principais eletrólitos que controlam os níveis de pH, a pressão osmótica e o balanço hídrico nos espaços corporais, por meio da bomba de sódio-potássio, e a pressão sanguínea. Atua na atividade elétrica que leva a regular a função dos músculos e das células nervosas, e para o batimento cardíaco. Age para a conversão de glicose em glicogênio (Food Ingredients Brasil, 2008).

O magnésio é o cátion intracelular mais importante, depois do potássio. O papel fisiológico do magnésio é importante, pois intervém para regular a atividade de mais de trezentas reações enzimáticas; intervém, igualmente, na duplicação dos ácidos nucleicos, na excitabilidade neural e na transmissão de influxo nervoso, agindo sobre as trocas iônicas da membrana celular. Uma parte importante do magnésio é fixada sobre os ossos sob a forma de fosfatos e bicarbonatos; outra pequena parte entra na composição da massa molecular e outra fração minúscula, presente no sangue, está ligada às proteínas, ionizadas e fisiologicamente ativas (Food Ingredients Brasil, 2008).

O cálcio, assim como o magnésio, é um macroelemento. É o mineral mais abundante do organismo, 90% dele no esqueleto. O restante é repartido entre os tecidos, sobretudo os músculos e o plasma sanguíneo. É um elemento primordial da membrana celular, na medida em que controla sua permeabilidade e suas propriedades eletrônicas. Está ligado às contrações das fibras musculares lisas, à transmissão do fluxo nervoso, à liberação de numerosos hormônios e

mediadores do sistema nervoso, assim como à atividade plaquetária (coagulação do sangue) (Food Ingredients Brasil, 2008).

O sódio se destaca por estar entre os principais íons do fluido extracelular, importantes para a manutenção do potencial de membrana, mantido, principalmente pela bomba sódio/potássio/ATPbase. O sódio desempenha, ainda, outras tarefas, como participação na absorção de aminoácidos, glicose e água (Food Ingredients Brasil, 2008).

O ferro é indispensável para o funcionamento correto de numerosas funções fisiológicas. É um constituinte da hemoglobina (pigmento dos glóbulos vermelhos do sangue transportador de oxigênio) e ocupa o centro do núcleo pirrolidínico, chamado heme. Com outros constituintes proteicos, o ferro faz parte da mioglobina, que estoca o oxigênio no músculo, e dos citocromas, que asseguram a respiração celular. Além disso, ativa numerosas enzimas, como a catalase, que permite a degradação dos radicais livres (peróxidos) prejudiciais (Food Ingredients Brasil, 2008).

Apesar de o zinco ser encontrado em reduzido teor na polpa da pitáia nativa, tem papel destacado no organismo humano, atuando em diversos aspectos do metabolismo celular. Aproximadamente 100 enzimas dependem do zinco para realizar suas reações químicas vitais. O mineral atua no crescimento, na resposta imune do organismo, na função neurológica e na reprodução. Além dessas funções, o zinco participa na estrutura das proteínas e membranas celulares e também está envolvido na expressão dos genes, na síntese de hormônios e na transmissão do impulso nervoso. Atua, ainda, na regulação de uma ampla variedade de atividades do sistema imunológico, tendo efeito pronunciado como antioxidante (Food Ingredients Brasil, 2008).

3.3 Vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante total (AAT)

Os teores de vitamina C e compostos fenólicos totais da polpa da pitiaia nativa decresceram significativamente durante o desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$), variando de $43,81 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $758,19 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, aos 21 dias, para $6,08 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $75,31 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, aos 70 dias após a antese, respectivamente (Figura 2A). A atividade antioxidante total (AAT) na polpa da pitiaia nativa foi superior aos 21 dias, com $4,5 \text{ mg DPPH} \cdot \text{g fruta}^{-1}$, apresentando redução gradual no seu valor com a evolução do desenvolvimento do fruto; aos 70 dias após a antese, esse valor foi de $1,18 \text{ mg DPPH} \cdot \text{g fruta}^{-1}$ ($p < 0,05$) (Figura 2B).

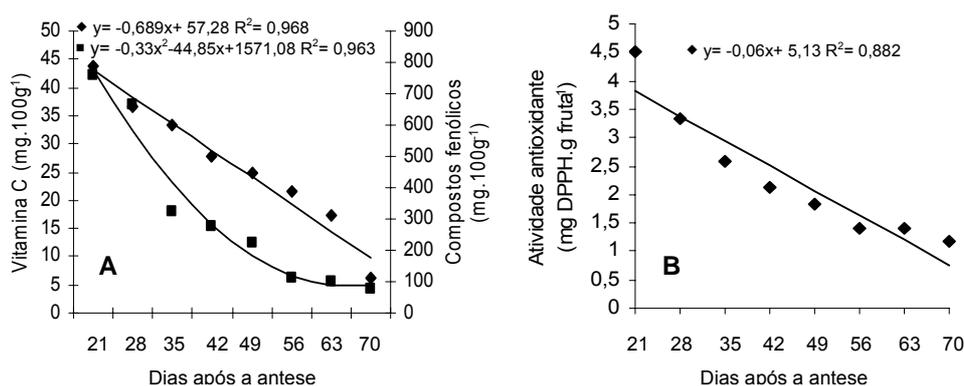


FIGURA 2 Alterações de vitamina C (♦) e compostos fenólicos (■) (A) e atividade antioxidante total (AAT) (♦) (B) de pitiaia nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante o seu desenvolvimento.

Normalmente, com o avanço da maturação, os teores de vitamina C e compostos fenólicos totais tendem a diminuir, como observado para a pitiaia nativa (Figura 2). A redução da vitamina C, com o transcorrer da maturação, pode ser atribuída à atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase ou pela

ação de enzimas oxidantes, como fenolase, citocromo C oxidase e peroxidase (Tucker, 1993). Nos frutos e em outras estruturas vegetais jovens, ocorre predomínio de fenólicos de baixo peso molecular e, com a evolução da maturação, esses compostos sofrem polimerização, originando moléculas maiores, insolúveis em água, tendo como consequência a redução do seu poder adstringente, o que dá aos frutos um sabor mais agradável (Coombe, 1976). Possivelmente, esse fato ocorreu na pitáia nativa.

Os valores de vitamina C e de compostos fenólicos da pitáia nativa aos 63 dias após a antese, período correspondente ao estágio ótimo de maturação do fruto, foram de 17,31 mg.100 g⁻¹ e 101, 8 mg.100 g⁻¹, respectivamente (Figura 2A). A maioria das cactáceas é pobre em vitamina C, com valores não ultrapassando 11 mg.100 g⁻¹ (Vaillant et al., 2005), à exceção de “cactus pear” (*Opuntia ficus*), com 64 mg.100 g⁻¹ (Le Bellec et al., 2006). Estudos relacionados com o potencial nutricional da pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) revelaram teores de compostos fenólicos na polpa do fruto maduro de 107,5 mg.100 g⁻¹ (Wu et al., 2006). Desse modo, a pitáia nativa madura apresenta teores de vitamina C superiores ao da maioria das cactáceas e valores de compostos fenólicos muito próximos aos encontrados na pitáia vermelha.

O decréscimo da AAT da polpa da pitáia nativa, durante seu desenvolvimento (Figura 2B), ocorreu, provavelmente, em decorrência da redução nos teores de vitamina C e compostos fenólicos totais nesse mesmo período (Figura 2A), uma vez que esses compostos atuam como importantes antioxidantes. Diversos estudos têm enfatizado o papel significativo de antioxidantes naturais presentes nas frutas, incluindo a vitamina C (Franke et al., 2004), os carotenoides (Godoy & Rodriguez-Amaya, 1989) e os compostos fenólicos (Berardini et al., 2005). Dietas ricas desses compostos estão associadas à redução de doenças crônico-degenerativas causadas pelo estresse oxidativo (Manach et al., 2005). Se comparada com outras frutas, a AAT da pitáia nativa

madura (1,4 mg DPPH.g⁻¹ fruta) pode ser considerada baixa, visto que Kuskoski et al. (2006) discorrem sobre valores bem mais acentuados para diferentes frutas, entre elas, o abacaxi (41,14 mg DPPH.g⁻¹ fruta) e a acerola (68mg DPPH.g⁻¹ fruta). Contudo, a falta de padronização das metodologias utilizadas na determinação da atividade antioxidante das frutas, bem como a apresentação e/ou expressão dos resultados, constitui um entrave na comparação de resultados.

3.4 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos da polpa da pitaita nativa tiveram seus valores decrescidos com o desenvolvimento do fruto ($p < 0,05$). Independentemente do estágio de desenvolvimento, o ácido málico foi majoritário, apresentando teores mais elevados na polpa do fruto que os demais ácidos avaliados (Figura 3A e B). O ácido tartárico e o ácido lático não foram encontrados na polpa da pitaita nativa.

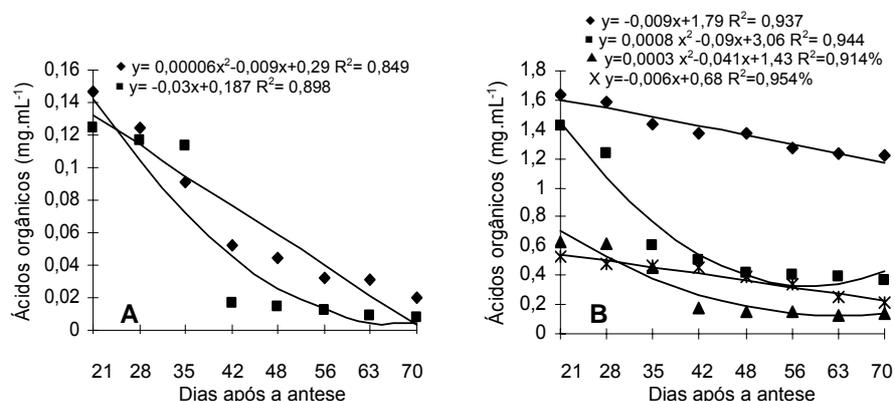


FIGURA 3 Alterações nos teores de ácidos orgânicos: ácido oxálico (♦) e ácido propiônico (▪) (A); ácido málico (◆), ácido succínico (■), ácido acético (▲) e ácido cítrico (×) (B) de pitaita nativa (*Selenicereus setaceus*) do cerrado, durante seu desenvolvimento.

Os ácidos orgânicos são sintetizados primariamente por meio de oxidações, descarboxilações e, em alguns casos, carboxilações na rota respiratória dos ácidos tricarbóxicos. Alguns, contudo, são formados a partir de açúcares durante os estádios iniciais das reações fotossintéticas. Portanto, na maioria dos casos, os precursores imediatos de ácidos orgânicos são os próprios ácidos orgânicos ou açúcares (Biale & Young, 1964). Possivelmente, a redução dos ácidos orgânicos, durante o desenvolvimento da pitáia nativa, ocorre em função do seu consumo no processo respiratório ou, mesmo, à medida que foram convertidos a açúcares. Na maioria dos frutos, os ácidos orgânicos, normalmente, têm seus teores reduzidos gradualmente com a maturação, devido à sua utilização como substrato no processo respiratório ou convertidos a açúcares (Coombe, 1976). De acordo com Stintzing et al. (2003), a acidez das cactáceas geralmente é baixa, sendo o ácido málico o predominante, com teores na ordem de 2 mg.mL⁻¹ na pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*) madura, valor superior ao encontrado no presente trabalho para a pitáia nativa madura (1,23 mg.mL⁻¹). Outros frutos, como a lichia, apresentam valores em torno de 10,78 mg.mL⁻¹ de ácido málico no fruto maduro (United States Department of Agriculture - USDA, 2007).

3.5 Compostos voláteis

A identidade dos compostos voláteis tentativamente identificados, com seus respectivos íons majoritários, tempos de retenção e percentagens médias das áreas relativas dos picos, na polpa da pitáia nativa aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese, estão apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 Compostos voláteis, padrão de fragmentação, tempo de retenção (TR) e percentagem de áreas relativas de componentes aromáticos de pitaita nativa (*Selenicereus setaceus*), aos 42, 49, 56 e 63 dias após a antese.

Composto*	Íons majoritários (<i>m/z</i>)	TR	Área relativa (%)			
			42 dias	49 dias	56 dias	63 dias
Álcoois						
1-hexanol	45, 56, 69, 73	3,99	8,91	8,64	6,54	3,45
1-pentanol	42, 55, 70	8,41	0,50	0,56	0,79	1,02
Aldeídos						
Hexanal	41, 44, 56, 65, 81	3,69	3,47	3,48	3,51	3,52
Heptanal	41,42,43,56	4,69	0,75	0,32	0,39	0,36
Nonanal	55, 57, 70, 82, 98	11,59	nd**	0,57	0,53	0,52
Benzaldeído	77, 94, 105, 106	15,27	nd**	7,01	9,02	12,3
Ésteres						
Acetato de etila	43, 61, 70, 73, 88	1,89	5,14	5,12	7,93	8,12
Butanoato de etila	60, 71, 88, 101	4,52	5,12	5,23	5,97	6,58
Hexanoato de etila	60, 70, 88, 99	10,63	nd**	5,13	5,22	6,13
Octonoato de etila	57, 70, 73, 88, 101	17,77	5,01	5,13	5,22	6,13
Nonanoato de etila	55, 70, 73, 88, 101	21,2	5,95	6,14	6,32	6,63
Decanoate de etila	55, 70, 73, 88, 101	24,46	5,39	6,69	6,76	7,09

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

**nd: não detectado.

A cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa por meio da técnica de microextração em fase sólida permitiu identificar tentativamente 12 compostos na polpa da pitáia nativa nos diferentes estádios de desenvolvimento, dentre os 22 compostos detectados, perfazendo 68%, em média, da área relativa total. Dentre as classes químicas encontradas, os ésteres foram os mais abundantes, representando 50% do total, seguido dos aldeídos, com 33,3% e álcoois, com 17,7% (Tabela 1).

Os compostos orgânicos voláteis são sintetizados a partir de vários precursores, incluindo aminoácidos, lipídios e carotenoides, porém, enquanto algumas das vias de síntese são conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis elas ainda permanecem ignoradas (Kays & Paull, 2004; Tieman et al., 2006).

Os ésteres identificados na polpa da pitáia nativa cresceram suas percentagens de área relativa com a maturação do fruto (Tabela 3), possivelmente em decorrência do avanço da maturação. Os ésteres, entre eles acetato de etila, butanoato de etila e octanoato de etila, têm sido encontrados em numerosos frutos, e altas concentrações desses compostos estão associadas com um elevado grau de maturação (Senesi et al., 2005) ou com o processo de fermentação (Baldwin, 2000). Em adição, os carotenoides, juntamente com os aminoácidos valina, isoleucina, metionina e alanina, têm sido postulados como precursores de ésteres aromáticos (Wang et al., 1996; Ibdah et al., 2006).

Os aldeídos da polpa da pitáia nativa tiveram sua área relativa praticamente inalterada com os estádios de maturação do fruto, à exceção do composto benzaldeído, que teve sua área relativa aumentada (Tabela 3). Segundo Beaulieu (2006), em muitos frutos, os aldeídos são os compostos majoritários e altas concentrações desses compostos representam o sabor agradável. Especificamente o hexanal tem sido descrito por alguns autores (Garruti et al., 2001; Baldwin, 2002; Kalua et al., 2007) como responsável pelo

aroma de “verde, mato, grama” de produtos vegetais. O benzaldeído tem sido associado com a fenilalanina, precursora de sua síntese. O aumento desse composto volátil deve-se ao decréscimo da fenilalanina com a maturação dos frutos, o que contribui para o aroma adocicado dos frutos maduros (Lamascolo et al., 2001).

Os álcoois identificados na polpa da pitiaia nativa, 1-hexanol e 1-pentanol, apresentaram aumento de suas áreas relativas com o transcorrer da maturação do fruto (Tabela 3). Alguns autores descrevem que a presença de álcoois no aroma volátil de frutos se deve à formação de *off flavor*, estando o 1-pentanol relacionado com o aroma de “ardido, pungente” (Senesi et al., 2005). Assim, o aumento desses compostos durante a maturação da pitiaia nativa, possivelmente, está relacionado com a senescência.

4 CONCLUSÕES

A massa média da pitaia nativa madura (*Selenicereus setaceus*) do cerrado brasileiro é de 72,5 g. A casca representa 20,8%, enquanto a polpa, 79,2% do seu peso total.

A polpa do fruto maduro tem baixo valor calórico, além de ser boa fonte de minerais, notadamente de potássio, magnésio, cálcio, sódio e ferro, podendo contribuir efetivamente na dieta dos habitantes do cerrado brasileiro e para a sua inserção no agronegócio.

A casca da pitaia nativa madura apresenta valores nutricionais significativos, com destaque para os teores de umidade, fibra bruta e dos minerais, fósforo, cálcio, sódio, manganês, zinco e ferro, que são superiores aos valores encontrados na polpa do fruto.

A polpa da pitaia nativa apresenta atividade antioxidante total relativamente baixa, se comparada com a de outras frutas, fato que pode estar associado com os reduzidos teores de vitamina C e compostos fenólicos totais no fruto maduro.

A acidez da polpa da pitaia nativa é baixa, sendo o ácido málico o ácido orgânico majoritário durante todo o período de desenvolvimento do fruto.

As principais classes químicas dos compostos voláteis identificados na polpa da pitaia nativa são os ésteres, predominantes, seguidos dos aldeídos e álcoois.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDILLE, M. H.; SINGH, R. P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JENA, B. S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 4, p. 891-896, May 2005.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American dietetic: health implication of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, Madison, v. 108, n. 10, p. 1716-1731, Oct. 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15. ed. Washington, 1992. 1018 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17. ed. Washington, 2005. 1410 p.

BALDWIN, E. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 10, p. 1013-1022, Oct. 2000.

BALDWIN, E. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic, 2002. p. 89-106.

BEAULIEU, J. Volatile changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cuts prepared from fruit harvested at various maturities. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 1, p. 127-139, Jan. 2006.

BERARDINI, N.; FEZER, R.; CONRAD, J.; BEIFUSS, U.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 5, p. 1563-1570, Feb. 2005.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**, Washington, v. 146, n. 3646, p. 164-174, 1964.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, Feb. 1995.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, n. 1, p. 507-528, June 1976.

COORDENADORIA REGIONAL DO DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE MINAS GERAIS. **Dados sobre Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/municipios>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

FERREIRA, D. F. **Sistema para Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999. 92 p.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê: os minerais na alimentação**. 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/52>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 1, p. 1-35, Feb. 2004.

GARRUTI, D. S.; FRANCO, M. R. B.; SILVA, M. A. A. P.; JANZANTTI, N. S.; ALVES, G. L. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale L*) CCP-76**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of commercial mangoes from Brazil. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 22, n. 2, p. 100-103, Mar. 1989.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, out./dez. 2005.

HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 16, n. 1, p. 33-50, July 1996.

HINNEBURG, I.; DAMIEN, H. J.; RAIMO H. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. **Food Chemistry**, London, v. 97, n. 1, p. 122-129, Jan. 2006.

IBDAH, M.; AZULAY, Y.; PORTNOY, V.; WASSERMAN, B.; BAR, E.; MEIR, A.; BURGER, Y.; HIRSCHBERG, J.; SCHAFFER, A. A.; KATZIR, N.; TADMOR, Y.; LEWINSOHN, E. Functional characterization of CmCCD1, a carotenoid cleavage dioxygenase from melon. **Phytochemistry**, Oxford, v. 67, n. 15, p. 1579-1589, Aug. 2006.

ISHIGE, K.; SCHUBERT, D.; SAGARA, Y. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. **Free Radical Biological Medicine**, New York, v. 30, n. 4, p. 433-446, Feb. 2001.

KALUA, C. M.; ALLEM, M. S.; BEDGOOD JUNIOR, D. R.; BISHOP, A. G.; PRENZLER, P. D.; ROBARDS, K. Olive oil volatile compounds, flavor development and quality: a critical review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 273-286, Jan. 2007.

KAMER, J. H. van de; GINKEL, L. van. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, July/Aug. 1952.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1997. 532 p.

KAYS, S. J.; PAULL, R. E. Metabolic processes in harvested products. In: _____. **Postharvest biology**. Athens: Exon, 2004. p. 79-136.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, jul./ago. 2006.

LE BELLEC, F. **La pitaya (*Hylocereus* sp.) en culture de diversification à l'île de la Réunion**. Paris: Institut National d'Horticulture, 2003. 55 p.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 4, p. 237-250, July/Aug. 2006.

LIU, Y.; SOBUE, T.; OTANI, T.; TSUGANE, S. Vegetables, fruit consumption and risk of lung cancer among middle-aged Japanese men and women: JPHC study. **Cancer Causes and Control**, Baltimore, v. 15, n. 4, p. 349-357, May 2004.

LOMASCOLO, A.; ASTHER, M.; NAVARRO, D.; ANTONA, C.; DELATTRE, M.; LESAGEMEESEN, L. Shifting the biotransformation pathways of L-phenylalanine into benzaldehyde by *Trametes suaveolens* CBS 334.85 using HP20 resin. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 262-267, Apr. 2001.

MAHATTANATAWEE, K.; MANTHEY, J. A.; LUZIO, G.; TALCOTT, S. T.; GOODNER, K.; BALDWIN, E. A. Total antioxidant activity and fiber content of select florida-grown tropical fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 19, p. 7355-7363, Aug. 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.

MANACH, C.; WILLIAMSON, G.; MORAND, C.; SCALBERT, A.; RE ME'SY, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans: I, review of 97 bioavailability studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 81, n. 1, p. 230S-242S, Jan. 2005. Supplement.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactacea). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 39-45, Jan. 1999.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Fruit development and ripening in yellow pitaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 560-562, Nov. 1998.

NESS, A. R.; POWLES, J. W. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. **International Journal of Epidemiology**, London, v. 26, n. 1, p. 1-13, Feb. 1997.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **The analysis in nutrient of foods**. London: Academic, 1978. 158 p.

PIENIZ, S.; COLPO, E.; OLIVEIRA, V. R.; ESTEFANEL, V.; ANDREAZZA, R. Avaliação *in vitro* do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 552-559, mar./abr. 2009.

RIU-AUMATELL, M.; CASTELLARI, M.; TAMAMES-LÓPES, E.; GALASSI, S.; BUXADERAS, S. Characterization of volatile compounds of fruit and nectars by HS/SPME and GC/MS. **Food Chemistry**, London, v. 87, n. 4, p. 627-637, Oct. 2004.

RUFINO, M. S. do M.; ALVES, R. E.; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. G. de; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico).

SCHWAN, R. F. Fermentação. In: CARDOSO, M. G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2001. p. 21-26, 260 p.

SENESI, E.; DI CESARE, L. F.; PRINZIVALLI, C.; LO SCALZO, R. Influence of ripening stage on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (*Cucumis melo* L. var *reticulatus* Naud). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 8, p. 1241-1251, Feb. 2005.

SHIMADZU. **Application data book**. Tokyo, 1998. 104 p. Catálogo C190-E001.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research Technology**, London, v. 216, n. 4, p. 303-311, Apr. 2003.

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

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, n. 1, p. 63-68, May 1959.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. Versão 2. Campinas: UNICAMP, 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

TIEMAN, D. M.; ZEIGLER, M.; SCHMELZ, E. A.; TAYLOR, M. G.; BLISS, P.; KIRST, M.; KLEE, H. J. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 887-896, Feb. 2006.

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

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. p. 1-51.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Nutrient database for standard reference, release 21**. Washington, 2007. Disponível em: <<http://www.grande.nal.usda.gov/NDL>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, Paris, v. 60, n. 1, p. 1-7, Jan./Feb. 2005.

WANG, Y.; WYLLIE, S. G.; LEACH, D. N. Chemical changes during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (cv. Makdimon). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 44, n. 1, p. 210-216, Jan. 1996.

WU, L. C.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaia. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, Mar. 2006.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus* Cacti. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 21, p. 6086-6089, Sept. 2002.

CAPÍTULO 4

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE PITAIA NATIVA MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES SANIFICANTES

RESUMO

Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar a eficiência dos sanificantes hipoclorito de sódio (NaClO), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e dicloroisocianurato de sódio (NaDCC) na redução microbiana e sua influência na qualidade sensorial da pitáia do cerrado minimamente processada, armazenada a 6±1°C, por 15 dias, e verificar a resposta sensorial dos consumidores em relação à pitáia minimamente processada, quando comparada com o fruto *in natura* e a preferência pelo produto minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, quanto à aparência. As pitaias (*Selenicereus setaceus*) foram previamente selecionadas, lavadas e sanificadas com NaClO 50 e 100 mg.L⁻¹, H₂O₂ 3% e 6% e NaDCC 50 e 100 mg.L⁻¹, por 15 minutos. Os frutos não sanificados foram considerados como controle. Em seguida, os espinhos foram retirados dos frutos, que foram cortados transversalmente e descascados, de modo que a polpa se apresentasse em metades. Então, as pitaias minimamente processadas foram acondicionadas em embalagens de polipropileno envoltas por policloreto de vinila (PVC) de 15 µm por 15 dias a 6±1°C e as análises realizadas a cada 3 dias. Contagens de coliformes a 35°C e 45°C e presença de *Salmonella* sp. não foram observadas em nenhuma das amostras analisadas, nem mesmo no controle, ao longo de todo o período de armazenamento. Os sanificantes foram estatisticamente semelhantes durante o armazenamento, com redução microbiana na ordem de 1,07 log UFC.g⁻¹ para fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos em relação ao controle. A análise sensorial mostrou que a pitáia do cerrado minimamente processada não foi influenciada pelos sanificantes, apresentando redução gradual de suas notas com o tempo de armazenamento, resultando numa vida de prateleira de 11 dias, com base nas notas maiores que 5 (“nem gostei/nem desgostei”) para aparência, sabor e impressão global e maiores que 3 (“não sei”) para intenção de compra. A pitáia minimamente processada obteve as maiores notas em relação à pitáia *in natura* para os atributos aparência, impressão global e intenção de compra. O sabor não apresentou diferença significativa entre as formas de apresentação. Os filmes poliméricos utilizados no processamento mínimo da pitáia do cerrado foram diferentes estatisticamente quanto à aparência. O produto acondicionado em embalagens com policloreto de vinila (PVC) foi o mais preferido entre os consumidores, seguido pelo polipropileno (PP) e polietileno + polipropileno (PE + PP), que foi o menos preferido.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of sanitizers sodium hypochlorite (NaClO), hydrogen peroxide (H₂O₂) and sodium dichloroisocyanurate (NaDCC) in microbial reduction and its influence on sensory quality of the native pitaya minimally processed stored at 6±1°C for 15 days, and to identify the sensory response of consumers towards a native pitaya minimally processed compared with the *in natura* fruit and preference for minimally processed product packaged in different packings, as to appearance. The native pitaya (*Selenicereus setaceus*) were previously selected, washed and sanitized with NaClO 50 and 100 mg.L⁻¹, H₂O₂ 3 and 6% and NaDCC 50 and 100 mg.L⁻¹ for 15 minutes. The fruits not sanitized were considered control. Soon after, the spines were removed from the fruits, which were peeled and cut crosswise, so that the pulp is present in halves. Then, the native pitaya minimally processed were packed in polypropylene wrapped in polyvinyl chloride (PVC) of 15 µm for 15 days at 6±1°C and the analysis performed every 3 days. Coliform counts at 35°C and 45°C and the presence of *Salmonella* sp. were not observed in any of the samples, even in control throughout the storage period. The sanitizers were statistically similar during storage, the microbial reduction of around 1.07 log CFU.g⁻¹ for filamentous fungi and yeasts and psychrotrophic aerobic microorganisms in the control. The sensory analysis showed that the native pitaya minimally processed was not affected by sanitizers, with a gradual reduction of his notes with the storage time, resulting in a shelf life of 11 days, based on grades greater than 5 (“neither liked nor disliked”) for appearance, flavor and overall impression and greater than 3 (“not know”) to purchase intent. The native pitaya minimally processed received the highest marks for a native pitaya *in natura* for the appearance, the overall impression and purchase intention attributes, and the flavor was not significantly different between the presentations. The polymeric films used in minimal processing of the native pitaya were different statistically in terms of appearance, with the product wrapped in packages of polyvinyl chloride (PVC), the most preferred among consumers, followed by polypropylene (PP) and polyethylene + polypropylene (PE + PP), which was the least preferred.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Internacional dos Produtos Minimamente Processados (IFPA, 2009), produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça ou, ainda, qualquer combinação delas, que foi alterada fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Em geral, os atores do setor de vegetais minimamente processados enfrentam importantes desafios, como a manutenção do produto fresco sem a perda da sua qualidade sensorial e nutricional, além da garantia de sanidade, não resultando em riscos potenciais à saúde dos consumidores (Huxsoll & Bolin, 1989).

A pitaia do cerrado, ou pitaia vermelha (*Selenicereus setaceus*) ou, ainda, saborosa, como é conhecida popularmente, é uma fruta que desponta com grande potencial para o processamento mínimo, visto reunir atributos sensoriais marcantes, apreciados pelos consumidores, como cor, sabor e aparência, além de ser rica em vitaminas, minerais e possuir baixo teor calórico.

Um fator que pode constituir um entrave no consumo da pitaia do cerrado e que compromete sua conveniência é a grande quantidade de espinhos, finos e rígidos, aderidos à sua casca. Outro aspecto importante, que pode ser considerado limitante do ponto de vista de sua qualidade, é que a espécie vegetal naturalmente sobre maciços rochosos e troncos de árvores, tendo contato direto com o solo e outros tipos de matéria orgânica. Assim, como o solo é uma fonte profícua de microrganismos, a possibilidade de o fruto chegar até o processamento com alta carga microbiana é enorme e merece atenção especial.

A frequência de surtos de infecções alimentares, associada ao consumo de produtos frescos, especialmente os minimamente processados, tem aumentado notadamente (Food Standards Agency - FSA, 2007; Centers for Disease Control and Prevention - CDC, 2009; Paula et al., 2009).

Uma das etapas fundamentais no processamento mínimo de frutas e hortaliças é a sanificação, que objetiva reduzir os microrganismos alteradores dos alimentos a níveis seguros e, principalmente, eliminar a veiculação de patógenos que promovam danos à saúde dos consumidores (Beuchat, 2002).

Atualmente, o cloro é o sanificante mais utilizado na indústria de produtos minimamente processados, devido, principalmente, à sua potente atividade antimicrobiana e ao seu baixo custo. No entanto, a lavagem com cloro resulta na formação de subprodutos nocivos, como cloraminas e tri-halometanos, além de sua eficácia restrita na redução microbiana, o que tem suscitado discussões sobre sua utilização e a busca por sanificantes alternativos, entre eles o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o dicloro isocianurato de sódio (NaDCC) (Sapers & Simmons, 1998; Ölmez & Kretzschmar, 2009).

Para que um sanificante seja aceito e reconhecido como ideal, duas propriedades devem ser levadas em consideração: nível eficiente de atividade antimicrobiana e efeito insignificante sobre a qualidade sensorial do produto. Deve-se levar em conta que a concentração e/ou a eficácia do sanificante pode ser limitante na aceitação sensorial do produto (Martínez-Sánchez et al., 2006).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência dos sanificantes hipoclorito de sódio (NaClO), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e dicloroisocianurato de sódio (NaDCC) na manutenção da qualidade microbiológica e sensorial de pitaias do cerrado minimamente processadas armazenadas a $6\pm 1^\circ C$, por quinze dias, bem como verificar a resposta sensorial dos consumidores em relação à pitaias minimamente processadas, quando comparadas com o fruto *in natura* e a preferência pelo produto minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens, quanto à aparência.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processamento do fruto

Foram utilizadas pitaias do cerrado (*Selenicereus setaceus*) provenientes da cidade de Itumirim, situada no sul do estado de Minas Gerais, Brasil.

Os frutos maduros foram colhidos pela manhã e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em caixas de isopor devidamente higienizadas e nas condições ambientais (20°-25°C, aproximadamente 1 hora).

Após a chegada ao laboratório, procedeu-se à seleção dos frutos quanto à aparência (ausência de injúrias e podridões e casca totalmente vermelha), que foram armazenados em câmara fria a 12±1°C e umidade relativa (UR) entre 90% a 95%, por, aproximadamente, 15 horas.

Após esse período, já na sala de processamento, as pitaias tiveram os espinhos retirados manualmente e as superfícies lavadas com detergente neutro e água corrente para a remoção de sujidades provenientes do campo.

Após a lavagem, os frutos foram imersos nas soluções que correspondiam aos tratamentos: controle (água destilada: 8°C; pH: 6,8), NaClO 100 e 200 mg.L⁻¹ (8°C; pH: 6,5), H₂O₂ 3 e 6% (23°C; pH: 4,5) e NaDCC 100 e 200 mg.L⁻¹ (8°C; pH: 6,8), por 15 minutos.

Decorrido o tempo de imersão, as pitaias foram cortadas no sentido transversal, com o auxílio de facas afiadas, retirando-se a casca manualmente, de modo que a polpa do fruto se apresentasse em metades.

Cerca de 150 g das pitaias minimamente processadas foram acondicionados em bandejas rígidas de polipropileno (10/20 cm) envoltas por filme de policloreto de vinila (PVC) de 15 µm, flexível e autoadesível,

previamente higienizadas e armazenadas em câmara fria a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90% a 95% UR, durante um período de 15 dias.

2.2 Análises microbiológicas

Amostras de 25 g de pitaiá minimamente processada foram retiradas aleatoriamente de forma asséptica da embalagem e, em seguida, foi feita a homogeneização em 225 mL de água peptonada 0,1% (p/v) esterilizada, utilizando-se sacos filtro de Stomacher (Seward Limited) e um Stomacher (IUL Instrument), durante 60 segundos. Todas as análises foram realizadas segundo a International Commission on Microbiological Specifications for Foods - ICMSF (2000).

A determinação de coliformes a 35°C foi realizada com a inoculação de alíquotas de 1mL, que foram retiradas dos tubos contendo as amostras diluídas 10, 100 e 1000 vezes e transferidas para séries de três tubos contendo o caldo lauril sulfato triptose (LST) e homogeneizados. Os tubos foram incubados a 35°C , por 24/48 horas. Os resultados foram expressos em $\log \text{NMP.g}^{-1}$. Para os coliformes a 45°C , alíquotas dos tubos positivos do teste presumitivo de coliformes a 35°C foram transferidas com auxílio de uma alça de repicagem para tubos contendo o caldo *Escherichia coli* (EC). Os tubos foram incubados a 45°C , por 48 horas e os resultados expressos em $\log \text{NMP.g}^{-1}$.

Na pesquisa de *Salmonella*, realizou-se um pré-enriquecimento, em que foram pesados e homogeneizados 25 mL de amostra em 225 mL de água peptonada tamponada (APT), com incubação a 35°C , durante 24 horas. Transferiu-se 1 mL do crescimento obtido para 10mL de caldo de Rappaport-Vassiliadis (RP) e 1 mL para 10 mL de caldo tetracionato (TT). Foram inoculados ambos os caldos, a 37°C , por 24 horas. Após incubação, com auxílio de alça, realizaram-se as semeaduras por estrias em Rambach Agar (Merck),

com incubação a 35°C, durante 24 horas. Posteriormente, verificou-se se houve desenvolvimento de colônias típicas de *Salmonella*.

Para a enumeração de fungos filamentosos e leveduras, alíquotas de 1 mL nas diluições adequadas foram dispensadas em placas com o meio *dichloran rose bengal chloramphenicol agar* (DRBC), utilizando-se o método de plaqueamento em profundidade, seguido de incubação, a 25°C, por 5 dias e os resultados expressos em log UFC.g⁻¹.

Os microrganismos aeróbios psicotróficos foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade, dispensando nas placas alíquotas de 1 mL das diluições adequadas. Utilizou-se o meio ágar para contagem padrão (PCA), sendo as placas incubadas a 7°C, por 10 dias e os resultados expressos em log UFC.g⁻¹.

2.3 Avaliação sensorial

A análise sensorial foi realizada em três experimentos distintos, conduzida por meio de métodos afetivos (Meilgaard et al., 1999), visando representar a aceitabilidade/preferência de consumidores em potencial para a pitaia nativa do cerrado.

Os testes foram realizados por um painel composto por 60 provadores não treinados, de ambos os sexos (28 mulheres e 32 homens) e com faixa etária entre 17 e 54 anos. As amostras foram servidas individualmente, em copos descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos e apresentadas aos provadores de forma aleatória. As análises foram realizadas em cabines individuais e as amostras servidas em ordem balanceada de apresentação e de forma monádica (Meilgaard et al., 1999).

Inicialmente, a pitaia do cerrado, nas formas *in natura* e minimamente processada, foi colocada em bandejas de isopor, separadamente, e avaliada quanto à aceitabilidade em relação à aparência em cabine comum a todos os

provedores. Em seguida, os atributos sabor, impressão global e intenção de compra foram avaliados em cabines individuais, com as amostras servidas individualmente, em copos descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos e apresentadas aos provedores de forma aleatória. Para tanto, utilizou-se uma escala hedônica para aparência, sabor e impressão global variando de 1 a 9 pontos, referentes aos termos hedônicos: 1 - “desgostei extremamente” e 9 - “gostei extremamente”. Foi utilizada uma segunda escala de cinco pontos para avaliar a intenção de compra dos consumidores, sendo que o valor 1 correspondeu a “certamente não compraria” e o valor 5 a “certamente compraria”.

Depois de verificada a aceitação da pitaia do cerrado, no segundo experimento, o fruto minimamente processado foi acondicionado em bandejas rígidas de polipropileno (10/20 cm) envoltas por diferentes filmes: 1 - manualmente com policloreto de vinila (PVC); 2 - seladas com polipropileno (PP) em seladora de bandejas TecMaq AP340; 3 - seladas com polietileno + polipropileno (PE + PP) em seladora de bandejas TecMaq AP340. Nesse experimento, foi utilizado um teste de preferência-ordenação, tendo as amostras recebido notas de acordo com a ordem decrescente de preferência dos consumidores quanto à aparência da embalagem contendo a pitaia, sendo a mais preferida, nota 1 e a menos preferida, nota 3 (Meilgaard et al., 1999).

No terceiro experimento, a aceitação foi avaliada em relação a aparência, sabor, impressão global e intenção de compra para a pitaia minimamente processada submetida aos tratamentos (controle; NaClO 50 e 100 mg.L⁻¹; H₂O₂ 3% e 6%; NaDCC 50 e 100 mg.L⁻¹), em cada período de armazenamento (0h, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), armazenada a 6±1°C (processamento conforme item 2.1). A exemplo do primeiro teste sensorial, também utilizaram-se duas escalas hedônicas, com 9 e 5 pontos, respectivamente. O fim da vida de prateleira foi determinado quando os valores médios das amostras foram

considerados inaceitáveis para o consumo pelo painel sensorial, representado por notas iguais a 5 e 3, correspondendo aos termos “nem gostei/nem desgostei”, na escala hedônica e “não sei”, na escala de intenção de compra.

2.4 Análise estatística

A análise estatística das variáveis microbiológicas e dos atributos sensoriais da aceitação da pitaia minimamente processada submetida aos diferentes sanificantes foi realizada com o auxílio do programa estatístico Sisvar 4.3 (Ferreira, 1999). Após a análise de variância dos resultados obtidos, foi observado o nível de significância do teste F. As médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scoot Knott, a 5% de probabilidade. Já os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

Os dados de aceitação da pitaia *in natura* e minimamente processada foram avaliados por meio da técnica de mapa de preferência interno, sendo organizados numa matriz de amostras (em linhas) e consumidores (em colunas), e esta submetida à análise de componentes principais (PCA, *Principal Component Analysis*), utilizando-se o software *R* (R Development Core Team, 2009).

No teste de ordenação-preferência, os resultados obtidos foram analisados por meio do teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newell e MacFarlane, que define o valor das diferenças críticas entre os totais de ordenação, a 5% (Ferreira et al., 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises microbiológicas

Não foi detectada a presença de coliformes a 35°C e a 45°C, bem como *Salmonella* sp. em nenhuma das amostras analisadas, inclusive as não tratadas, durante o período de armazenamento da pitiaia do cerrado minimamente processada. Esses dados apontam para manipulação e condições higiênico-sanitárias adequadas ao longo das etapas de processamento do fruto. Frutas e hortaliças frescas são, geralmente incriminadas como veículos de enfermidades alimentares de origem fecal pela presença de *Escherichia coli* e *Salmonella* sp., oriundas da água de irrigação e/ou presença de dejetos no solo ou nos fertilizantes ou, ainda, decorrente do manuseio inadequado, deficiência nos processos de limpeza e sanificação durante o processamento (Gangliardi & Karns, 2000).

Outro aspecto que deve ser salientado é que o exocarpo (casca) do fruto se manteve intacto durante as suas fases de pré e pós-colheita, evitando a exposição do tecido interno e servindo como uma barreira física à invasão microbiana. Brackett (1992) discorre que aberturas ou fissuras na casca dos frutos antes do processamento podem expor os tecidos internos levando à contaminação por qualquer microrganismo que se encontre no tecido vegetal, além da liberação de nutrientes em forma de suco, estimulando o rápido crescimento microbiano.

Considerando que no país ainda não existe uma legislação específica para os produtos minimamente processados, a resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, estabelece, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, um limite máximo de 5×10^2 NMP.g⁻¹ (2,7

ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25 g do produto (Brasil, 2001). Logo, os resultados obtidos situaram-se dentro dos padrões preconizados pela legislação, em todo o período de armazenamento.

Observaram-se, ao longo do armazenamento, baixas contagens de fungos filamentosos e leveduras e aeróbios psicrotróficos, independentemente do tratamento utilizado. A partir do terceiro dia, o tratamento controle promoveu maiores valores dessas variáveis em relação aos sanificantes, que não diferiram entre si, seguindo essa tendência até o final do armazenamento (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1 Valores médios de fungos filamentosos e leveduras (log UFC.g⁻¹) em pitaia do cerrado minimamente processada submetida aos tratamentos com NaClO, H₂O₂ e NaDCC, em diferentes concentrações, armazenada a 6±1°C, por 15 dias.

Sanificantes	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Controle	1,0a	1,33 ^a	1,66a	1,87a	2,73a	2,8a
NaClO 50mg.L ⁻¹	1,0a	1,13b	1,23b	1,47b	1,63b	1,87b
NaClO 100mg.L ⁻¹	1,0a	1,08b	1,17b	1,44b	1,61b	1,78b
H ₂ O ₂ 3%	1,0a	1,0b	1,14b	1,43b	1,6b	1,75b
H ₂ O ₂ 6%	1,0a	1,02b	1,13b	1,41b	1,6b	1,73b
NaDCC 50mg.L ⁻¹	1,0a	1,08b	1,16b	1,43b	1,63b	1,76b
NaDCC 100mg.L ⁻¹	1,0a	1,03b	1,14b	1,42b	1,6b	1,73b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna representam semelhanças estatísticas entre os sanificantes, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

TABELA 2 Valores médios de microrganismos aeróbios psicrotróficos (log UFC.g⁻¹) em pitaita do cerrado minimamente processada submetida aos tratamentos com NaClO, H₂O₂ e NaDCC, em diferentes concentrações, armazenada a 6±1°C, por 15 dias.

Sanificantes	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	3	6	9	12	15
Controle	1,17a	1,40a	1,56a	1,73a	2,10a	2,20a
NaClO 50 mg.L ⁻¹	1,0a	1,10b	1,20b	1,41b	1,67b	1,82b
NaClO 100 mg.L ⁻¹	1,0a	1,09b	1,19b	1,40b	1,63b	1,80b
H ₂ O ₂ 3%	1,0a	1,11b	1,21b	1,42b	1,65b	1,80b
H ₂ O ₂ 6%	1,0a	1,10b	1,20b	1,40b	1,63b	1,77b
NaDCC 50 mg.L ⁻¹	1,0a	1,08b	1,20b	1,43b	1,66b	1,78b
NaDCC 100 mg.L ⁻¹	1,0a	1,07b	1,17b	1,40b	1,63b	1,76b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna representam semelhanças estatísticas entre os sanificantes, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

As altas contagens de fungos filamentosos e leveduras refletem, principalmente, condições inadequadas de armazenamento dos produtos, uma vez que fazem parte da microbiota epífita oriunda do local de plantio desses vegetais. Segundo Babic & Watada (1996), populações na ordem de 10³ a 10⁴ UFC.g⁻¹ (3 a 4 ciclos log) desses microrganismos durante o período de armazenamento são consideradas baixas.

Os microrganismos aeróbios psicrotróficos são de especial importância para as frutas e hortaliças minimamente processadas, podendo crescer em temperaturas baixas, como a da refrigeração (Wiley, 1997). Não existe uma legislação para esses microrganismos para vegetais minimamente processados, tendo sido utilizada no presente trabalho a recomendação sugerida por Morton

(2001), com valores máximos permitidos na ordem de 10^5 - 10^6 UFC.g⁻¹ (5-6 log UFC.g⁻¹) para vegetais congelados e similares.

Desse modo, tanto as contagens de fungos filamentosos e leveduras quanto aeróbios psicrotróficos apresentaram reduzidos valores desses microrganismos durante todo o período de armazenamento, o que pode sugerir manipulação e condições higiênico-sanitárias satisfatórias durante o processamento da pitaia do cerrado.

Os sanificantes, não diferiram estatisticamente entre si, quanto ao efeito na redução da população microbiana, em todo o período de armazenamento (Tabelas 1 e 2), tendo o valor máximo obtido na redução de fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos dos sanificantes utilizados em relação ao controle sido igual a 1,07 log UFC.g⁻¹. Diversos trabalhos têm reportado a eficácia de diferentes sanificantes na redução do crescimento microbiano e a maioria dos autores enfatiza a eficiência dos sanificantes, mesmo em reduções inferiores a 1 ciclo log, comparado ao controle, durante o armazenamento (Burnett et al., 2004; Cliffe-Byrnes & O'Beirne, 2005; Ruiz-Cruz et al., 2006). No entanto, de acordo com a Food and Drug Administration (FDA, 2001), o decréscimo microbiano deve ser considerado significativo, com diferença de pelo menos 1 ciclo log, devido, sobretudo, à variabilidade da contagem de microrganismos entre os diferentes métodos de ensaio.

Sapers (2001), avaliando a eficiência de sanificantes comerciais em maçãs, verificou que esses foram capazes de reduzir a população bacteriana de 2 a 3 ciclos logarítmicos. Já Allende et al. (2007) observaram alterações na contagem de fungos e leveduras e aeróbios psicrotróficos em escarola minimamente processada em torno de 0,8 e 1,3 log UFC.g⁻¹, respectivamente, tendo o NaClO, NaDCC e o H₂O₂ sido estatisticamente semelhantes, durante todo o período de armazenamento.

Segundo Zagory (1999), é notório o papel dos sanificantes na desinfecção de frutas e hortaliças frescas. Contudo, a segurança do produto é limitada se ele for contaminado por patógenos nas suas etapas de produção. Portanto, o uso de agentes sanificantes é essencial para reduzir a carga microbiana, de modo que esse processo seja realizado antes da fixação e da interiorização de microrganismos nos produtos (Suslow, 2001).

3.2 Avaliação sensorial

Na avaliação da pitaia do cerrado *in natura* e minimamente processada, em que os dados foram avaliados por meio da análise de componentes principais (mapa de preferência), observou-se, conforme Figura 1 (espaço das variáveis ou atributos), que as variáveis desejáveis aparência, sabor, impressão global e intenção de compra se apresentaram voltadas para o sentido positivo do eixo X (Componente 1 - quadrantes 1 e 2).

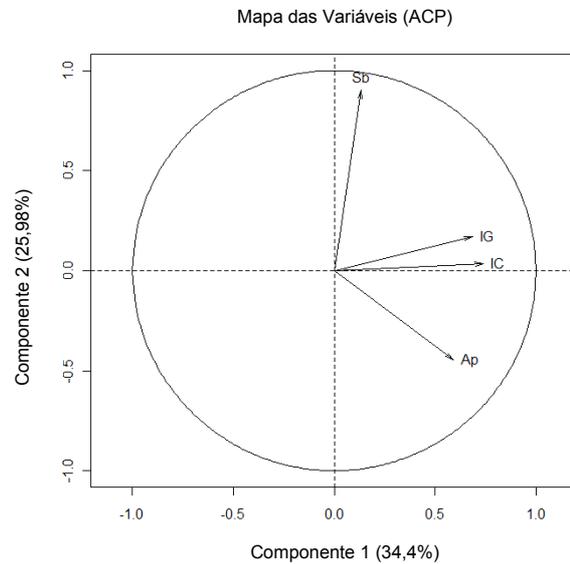


FIGURA 1 Mapa de preferência interno em relação aos atributos aparência (**Ap**), sabor (**Sb**), impressão global (**IG**) e intenção de compra (**IC**) para pitaia do cerrado *in natura* e minimamente processada.

Na avaliação individual dos consumidores (Figura 2), a pitaia do cerrado *in natura* mostrou-se com dispersão espacial de notas orientada para o lado esquerdo da Figura, ou seja, sentido negativo do eixo X, contrariamente à pitaia minimamente processada, que se apresentou com tendência para o sentido positivo do eixo X (lado direito da Figura).

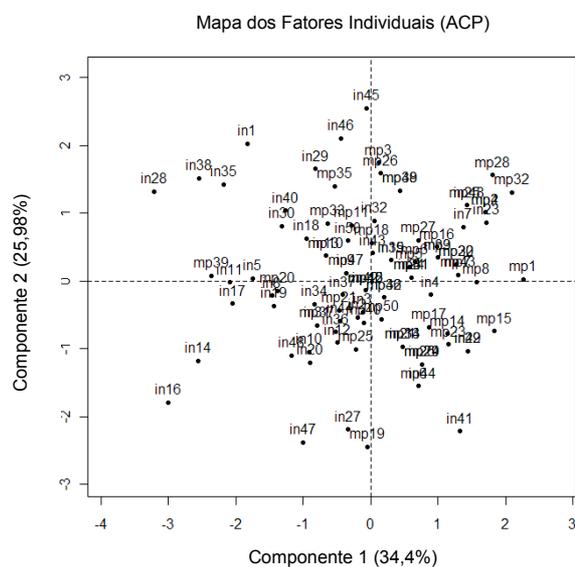


FIGURA 2 Mapa de preferência interno em relação aos fatores individuais (consumidores) para pitaiia do cerrado *in natura* (**in**) e minimamente processada (**mp**).

Assim, a análise de componentes principais (Componentes 1 e 2) que consegue, neste caso, explicar 34,4% + 25,98% da variabilidade nos dois primeiros componentes principais demonstra que a pitaiia minimamente processada foi preferida, uma vez que suas notas coincidem com os eixos das variáveis de interesse (aparência, impressão global e intenção de compra).

No caso específico do atributo sabor, tanto a forma *in natura* quanto minimamente processada promoveram notas semelhantes. Esse fato pode ser comprovado por meio da variável que se direcionou para o sentido positivo do eixo Y (Componente 2) (Figura 1), região que é marcada por concentração de notas de ambas as formas da pitaiia (Figura 2), sugerindo que as duas formas de apresentação do fruto não influenciaram significativamente o sabor. Para os

outros atributos, os consumidores parecem preferir a forma minimamente processada.

A preferência dos consumidores pela aparência da pitáia minimamente processada, provavelmente, se deve ao aspecto visual do fruto *in natura* que, inicialmente, pode provocar certa rejeição, visto ser um fruto com características exóticas, com casca rústica de cor marcante e repleta de espinhos, além do desconhecimento geral e não familiaridade acerca dessa fruta. Por outro lado, a pitáia minimamente processada, isenta da casca e dos espinhos, com sua polpa extremamente atraente e delicada em formato arredondado, oferecida em embalagem que exalta e agrega a beleza da sua polpa, desperta sensivelmente a atenção dos consumidores. Consequentemente, os atributos impressão global e intenção de compra seguiram essa tendência. A aparência é o fator de qualidade de maior importância, do ponto de vista da comercialização. É avaliada por diferentes atributos tais como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (Meilgaard et al., 1999). Assim, quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem e é o que os levará à aceitação, indiferença ou rejeição.

Na avaliação da preferência dos consumidores em relação aos filmes utilizados no processamento mínimo da pitáia do cerrado, utilizou-se o teste de ordenação-preferência, sendo observadas diferenças significativas entre os três diferentes filmes. O produto acondicionado em embalagens com policloreto de vinila (PVC) foi o mais preferido entre os consumidores quanto à aparência, por apresentar menor total de ordenação (ordem decrescente de preferência), seguido pelo polipropileno (PP) e polietileno + polipropileno (PE + PP), que obteve maior total de ordenação de preferência e, consequentemente, foi o menos preferido (Tabela 3).

TABELA 3 Totais do teste de ordenação-preferência de pitaia minimamente processada acondicionada em bandejas rígidas de polipropileno envoltas com policloreto de vinila (PVC) e seladas com polipropileno (PP) e polietileno + polipropileno (PE + PP).

Filmes*	Totais de ordenação de preferência**
PVC	67a
PP	92b
PE + PP	141c

*Ordem decrescente de ordenação de preferência.

**Totais seguidos de letras diferentes diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste Friedman (Tabela Newell e Mac Farlene).

A preferência dos consumidores, possivelmente, está relacionada com as características externas de cada tipo de filme polimérico utilizado, percebidas pela visão, sendo decisivas na diferenciação e escolha do produto. As características do PVC, principalmente seu brilho e transparência, resultaram num melhor aspecto visual da pitaia minimamente processada, tornando o produto mais atrativo. Contrariamente, o PE + PP caracteriza-se como um material opaco e de baixa transparência, o que promoveu menor aceitação dos consumidores, podendo ter inferência, ainda, o fato de o produto não estar totalmente visível dentro da embalagem.

Segundo Cantwell (1992), os filmes de PVC, PP e PE são os mais utilizados na embalagem de produtos minimamente processados, contudo, o primeiro pode ter maior aceitação pelos consumidores, devido à sua transparência e brilho. A aparência do produto com sua embalagem é determinante na aceitação, tendo efeito direto na sua decisão de compra. A partir da observação desse parâmetro que o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento (Reis et al., 2008).

Em relação às análises sensoriais realizadas na pitaia do cerrado minimamente processada submetida aos diferentes sanificantes durante o tempo

de armazenamento, nota-se que as variáveis aparência, sabor, impressão global e intenção de compra foram afetadas significativamente pelo fator isolado tempo de armazenamento ($p < 0,05$), não tendo sido influenciadas pelos sanificantes, tampouco pela interação entre esses dois fatores.

De maneira geral, a pitaia do cerrado minimamente processada sofreu depreciação de sua qualidade, considerando-se o decréscimo gradual das suas notas inerentes aos atributos avaliados ao longo do período de armazenamento. A partir do 12º dia, o produto apresentou-se com sua vida de prateleira comprometida, recebendo notas iguais ou inferiores a 5 (aparência, sabor e impressão global) e 3 (intenção de compra), correspondendo aos termos hedônicos “nem gostei/nem desgostei” e “não sei”, respectivamente (Figura 3A, B, C e D).

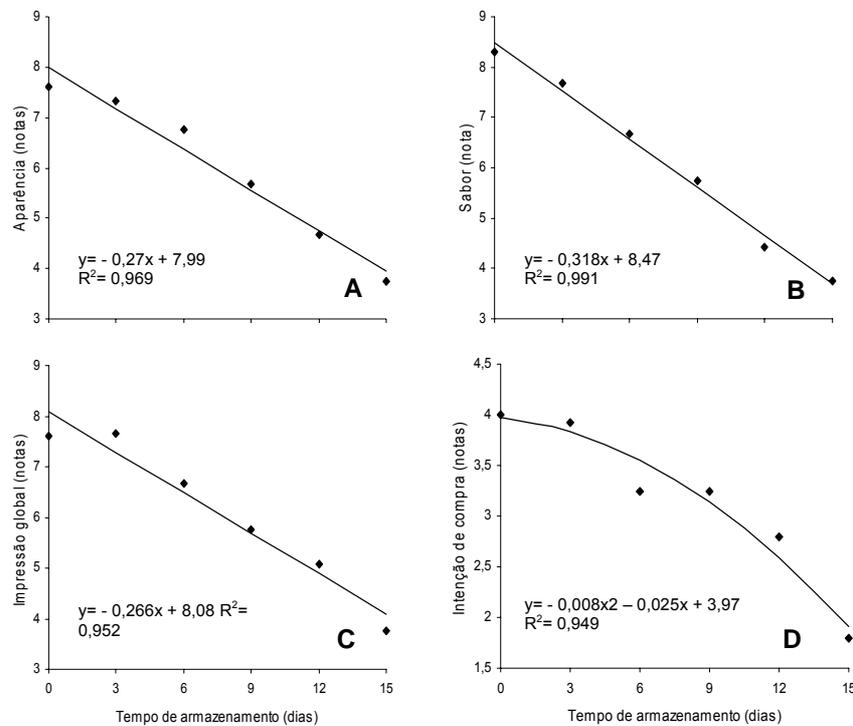


FIGURA 3 Valores médios, equações de regressão e coeficientes de determinação para aparência (A), sabor (B), impressão global (C) e intenção de compra (D) de pitaia do cerrado minimamente processada submetida a tratamentos com NaClO, H₂O₂ e NaDCC, em diferentes concentrações, armazenada a 6±1°C por 15 dias.

A escolha de um produto por parte dos consumidores está associada à somatória de diversos atributos, podendo a aparência ter efeito direto sobre os outros (Institute of Food Technologists - IFT, 1981). Desse modo, a cor pode ter papel de destaque na escolha do produto, mesmo que inconscientemente. Assim, se faz necessário que a pitaia do cerrado minimamente processada apresente cor agradável aos olhos dos consumidores.

A perda de qualidade da pitaia do cerrado talvez possa ser explicada pelo escurecimento da polpa do fruto com o decorrer do armazenamento, tendo influenciado os consumidores em relação aos outros parâmetros sensoriais avaliados. O escurecimento, geralmente, prejudica as propriedades sensoriais dos produtos porque está associado a mudanças na cor, no sabor e no amaciamento (Martinez & Whitaker, 1995).

Esse escurecimento, entre outros fatores, provavelmente pode ter seu efeito marcado em razão do aumento da atividade de algumas enzimas, entre elas a polifenoloxidase (PFO) e a peroxidase (PER). A descoloração, ou escurecimento, na superfície de frutas e hortaliças cortadas pode ser agravada pela descompartimentação que ocorre quando as células são rompidas por ocasião do corte, liberando e colocando em contato enzimas e substratos (Rolle & Chism, 1987). O escurecimento oxidativo na superfície cortada é um fator limitante no armazenamento de frutas e hortaliças minimamente processadas (Brecht, 1995).

Deve-se destacar, ainda, que os sanificantes utilizados no processamento mínimo da pitaia do cerrado não influenciaram os atributos sensoriais de aparência, sabor, impressão global e intenção de compra, podendo esse efeito ser creditado à etapa de sanificação que ocorreu no exocarpo (casca) do fruto, não tendo qualquer interação com a polpa.

Santos & Valle (2005), avaliando o efeito de sanificantes sobre a qualidade de melão ‘amarelo’ minimamente processado, constataram que os sanificantes utilizados não influenciaram a qualidade sensorial do produto, assim como no presente trabalho.

4 CONCLUSÕES

A prévia sanificação da pitaia do cerrado com os sanificantes NaClO, H₂O₂ e NaDCC, independentemente da concentração utilizada, é efetiva na redução da população microbiana do produto minimamente processado armazenado a 6±1°C e 90%-95% de UR, por 15 dias. Todas as amostras analisadas, inclusive o controle, encontram-se dentro dos limites preconizados pela legislação vigente (ANVISA, RDC nº 12 de 2001).

A pitaia do cerrado minimamente processada tem melhor aceitação quando comparada com o fruto *in natura*, tendo o produto acondicionado em embalagens rígidas de polipropileno envoltas com PVC sido o mais preferido entre os consumidores.

O teste afetivo de qualidade revela que a pitaia do cerrado minimamente processada submetida a diferentes sanificantes apresenta vida de prateleira de 11 dias, baseado nas notas maiores que 5 (“nem gostei/nem desgostei”) para aparência, sabor e impressão global e maiores que 3 (“não sei) para intenção de compra.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDE, A.; MARTÍNEZ, B.; SELMA, M. V.; GIL, M. I.; SUÁREZ, J. E.; RODRÍGUEZ, A. Growth and bacteriocin production by lactic acid bacteria in vegetable broth and their effectiveness at reducing *Listeria monocytogenes* in vitro and in fresh-cut lettuce. **Food Microbiology**, London, v. 24, n. 7/8, p. 759-766, Oct./Dec. 2007.

BABIC, I.; WATADA, A. E. Microbial population of fresh cut spinach leaves affected by controlled atmospheres. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 187-193, Nov. 1996.

BEUCHAT, L. R. Ecological factor influencing survival and growth of humans pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**, Washington, v. 4, n. 4, p. 413-423, Apr. 2002.

BRACKETT, R. E. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. **Journal Food Protection**, Des Moines, v. 55, n. 10, p. 808-814, Aug. 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº12**, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para o consumo. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resoluções/12_01.htm>. Acesso em: 12 nov. 2009.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **Hostscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, Feb. 1995.

BURNETT, A. B.; ITURRIAGA, M. H.; ESCARTIN, E. F.; PETTIGREW, C. A.; BEUCHAT, L. R. Influence of variations in methodology on populations of *Listeria monocytogenes* recovered from lettuce treated with sanitizers. **Journal Food Protection**, Des Moines, v. 67, n. 1, p. 742-750, 2004.

CANTWEEL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: University of California, 1992. p. 277-281. (Publication, 3311).

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Investigation update:** outbreak of *Salmonella Typhimurium* infections: 2008-2009. Disponível em: <http://www.cdc.gov/print.do?url=http%3A//www.cdc.gov/salmonella/typhimurium/>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

CLIFFE-BYRNES, V.; O'BEIRNE, D. Effects of chlorine treatment and packaging on the quality and shelf-life of modified atmosphere (MA) packaged coleslaw mix. **Food Control**, Guildford, v. 16, n. 8, p. 707-716, Oct. 2005.

FERREIRA, D. F. **Sistema para Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999. 92 p.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B.; BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial:** testes discriminativos e afetivos. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. 127 p. (Série Qualidade).

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Center for Food Safety and Applied Nutrition. **Evaluation and definition of potentially hazardous foods:** comparison of NSF and ABA protocols to determine whether a food requires time/temperature control for safety. Washington, 2001. Disponível em: <<http://vm.cfsan.fda.gov/dms/admehg.html>>. Acesso em: 3 nov. 2003.

FOOD STANDARDS AGENCY. **Morrisons recalls leaf lettuce**. London, 2007. Disponível em: <<http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/2007/apr/morrisalad>>. Acesso em: 22 ago. 2008.

GANGLIARDI, J. V.; KARNS, J. S. Leaching of *Escherichia coli* 0157: H7 in diverse soils under various agricultural management practices. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 66, n. 3, p. 877-883, Mar. 2000.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 124-128, Feb. 1989.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation division: guidelines for the preparation and review of papers reporting sensory evaluation date. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 4, p. 16-17, Dec. 1981.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS. **Microorganisms in foods**. 2. ed. Toronto: University of Toronto, 2000. 436 p.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Fresh production**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 29 out. 2009.

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**, Oxford, v. 6, n. 6, p. 195-200, Dec. 1995.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; ALLENDE, A.; BENNETT, R. N.; FERRERES, F.; GIL, M. I. Microbial, nutritional and sensory quality of rocket leaves as affected by different sanitizers. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 86-97, Oct. 2006.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. London: CRC, 1999. 387 p.

MORTON, R. D. Aerobic plate count. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examinations of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association, 2001. p. 63-67.

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 686-693, Apr. 2009.

PAULA, N. R. F.; VILAS-BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; CARVALHO, R. A.; PICCOLI, R. H. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras - MG, Brasília - DF e São Paulo - SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 219-227, jan./fev. 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

REIS, K. C.; SIQUEIRA, H. H.; ALVES, A. P.; SILVA, J. D.; LIMA, L. C. O. Efeito de diferentes sanitizantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196-202, jan./fev. 2008.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 10, n. 3, p. 57-178, May/June 1987.

RUIZ-CRUZ, S.; LUO, Y.; GONZALEZ, R.; TAO, Y.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Acidified sodium chlorite as an alternative to chlorine to control microbial growth on shredded carrots while maintaining quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, n. 2, p. 1887-1893, Apr. 2006.

SANTOS, H. P.; VALLE, R. H. P. Influência da sanificação na qualidade de melão 'amarelo' minimamente processado: parte II. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1034-1038, set./out. 2005.

SAPERS, G. M. Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. **Food Technology and Biotechnology**, New York, v. 39, n. 4, p. 305-311, Oct./Dec. 2001.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 48-52, Feb. 1998.

SUSLOW, T. V. **Water disinfection**: a practical approach to calculating dose values for preharvest and postharvest applications. London, 2001. Disponível em: <<http://vric.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

WILEY, R. C. (Ed.). **Fruits y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362 p.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial population. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 313-321, Mar. 1999.

ANEXOS

ANEXO A		Páginas
TABELA 1A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para massa, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	150
TABELA 2A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para a coloração (coordenadas L*, a* e b*) da casca da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	150
TABELA 3A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para clorofila e betacianinas da casca da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	150
TABELA 4A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para acidez titulável (AT) e pH da polpa da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	151
TABELA 5A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), amido e açúcares solúveis totais (AST) da polpa da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	151
TABELA 6A	Resumo da análise de variância e respectivo nível de significância para taxa respiratória da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.....	151

TABELA 7A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para taxa respiratória da pitaia nativa, aos 49 dias, 56 dias, 63 dias e 70 dias após a antese.....	152
TABELA 8A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para produção de etileno da pitaia nativa, aos 49 dias, 56 dias, 63 dias e 70 dias após a antese.....	152
TABELA 9A	Resumo das análises de variância e respectivo nível de significância para aceitação em relação ao atributo sabor da pitaia nativa, aos 49 dias, 56 dias, 63 dias e 70 dias após a antese.....	152
TABELA 10A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (AAT) da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.....	153
TABELA 11A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para ácido oxálico, ácido propiônico e ácido málico da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.....	153
TABELA 12A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para ácido succínico, ácido acético e ácido cítrico da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.....	153
TABELA 13A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos da pitaia nativa minimamente processada submetida aos sanificantes e armazenada a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 15 dias.....	154

TABELA 14A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para aparência, sabor, impressão global e intenção de compra da pitaia nativa minimamente processada submetida aos sanificantes e armazenada a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 15 dias.....	154
------------	---	-----

ANEXO B	Páginas
FIGURA 1B	Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 21 dias após a antese..... 155
FIGURA 2B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 28 dias após a antese..... 155
FIGURA 3B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 35 dias após a antese..... 156
FIGURA 4B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 42 dias após a antese..... 156
FIGURA 5B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 49 dias após a antese..... 157
FIGURA 6B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 56 dias após a antese..... 157
FIGURA 7B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 63 dias após a antese..... 158
FIGURA 8B	Cromatograma obtido na determinação dos ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 70 dias após a antese..... 158
FIGURA 9B	Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 42 dias após a antese..... 159

FIGURA 10B	Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 49 dias após a antese.....	159
FIGURA 11B	Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 56 dias após a antese.....	160
FIGURA 12B	Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 63 dias após a antese.....	160
FIGURA 13B	Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação ao atributo sabor para pitaia nativa, aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese.....	161
FIGURA 14B	Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação aos atributos aparência, sabor, impressão global e intenção de compra para pitaia nativa <i>in natura</i> e minimamente processada....	162
FIGURA 15B	Formulário com a escala do teste de preferência de pitaia minimamente processada acondicionada em bandejas rígidas de polipropileno envoltas com policloreto de vinila (PVC) e seladas com polipropileno (PP) e polietileno + polipropileno (PE + PP).....	163
FIGURA 16B	Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação aos atributos aparência, sabor, impressão global e intenção de compra para pitaia do cerrado minimamente processada submetida ao controle e tratamentos com NaClO, H ₂ O ₂ e NaDCC, em diferentes concentrações, armazenada a 6±1°C, por 15 dias.....	164

TABELA 1A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para massa, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal da pitaita nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Massa	Diâmetro longitudinal	Diâmetro transversal
Tempo	9	1893,14**	4,683**	2,145**
Erro	30	18,38	0,104	0,045
Média geral		50,82	6,79	3,85
CV (%)		8,44	4,75	5,52

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para a coloração (coordenadas L*, a* e b*) da casca da pitaita nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		L*	a*	b*
Tempo	9	64,145**	1395,156**	0,021 ^{ns}
Erro	30	2,312	0,778	1,452
Média geral		45,13	1,44	23,9
CV (%)		3,37	6,39	5,04

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para clorofila e betacianinas da casca da pitaita nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Clorofila	Betacianinas
Tempo	9	1,646**	0,862**
Erro	30	0,0012	0,003
Média geral		1,51	14,6
CV (%)		2,30	0,39

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para acidez titulável (AT) e pH da polpa da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		AT	pH
Tempo	9	0,264**	0,114**
Erro	30	0,01	0,019
Média geral		0,67	6,1
CV (%)		2,99	2,28

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis (SS), amido e açúcares solúveis totais (AST) da polpa da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		SS	Amido	AST
Tempo	9	140,759**	59,97**	107,858**
Erro	30	0,203	0,034	0,013
Média geral		8,39	5,16	5,78
CV (%)		5,37	3,59	1,95

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A Resumo da análise de variância e respectivo nível de significância para taxa respiratória da pitaiá nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		Taxa respiratória
Tempo	9	37,323**
Erro	30	0,436
Média geral		18,75
CV (%)		3,52

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 7A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para taxa respiratória da pitaia nativa, aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		Taxa respiratória			
		42 dias	49 dias	56 dias	63 dias
Tempo	8	0,091**	0,075**	0,034**	0,0104**
Erro	27	0,001	0,001	0,002	0,0003
Média geral		6,81	6,56	6,4	6,32
CV (%)		0,47	0,55	0,32	0,28

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para produção de etileno da pitaia nativa, aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		Etileno			
		42 dias	49 dias	56 dias	63 dias
Tempo	8	0,0005**	0,00009**	0,0005**	0,00034**
Erro	27	0,000007	0,000003	0,000005	0,000003
Média geral		0,195	0,193	0,185	0,175
CV (%)		1,38	0,83	1,27	1,03

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 9A Resumo das análises de variância e respectivo nível de significância para aceitação em relação ao atributo sabor da pitaia nativa, aos 49 dias, 56 dias, 63 dias e 70 dias após a antese.

Causas de variação	GL	Quadrados médios
		Sabor
Tempo	3	69,29**
Erro	96	0,57
Média geral		6,29
CV (%)		12,0

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 10A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total (AAT) da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Vitamina C	Fenólicos	AAT
Tempo	7	559,4**	269855,49**	5,204**
Erro	24	3,96	75,73	0,033
Média geral		26,4	317,06	2,29
CV (%)		7,53	2,74	7,96

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 11A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para ácido oxálico, ácido propiônico e ácido málico da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Oxálico	Propiônico	Málico
Tempo	7	0,121**	0,009**	0,096**
Erro	24	0,000003	0,000001	0,0003
Média geral		3,51	0,068	1,39
CV (%)		7,53	1,56	1,28

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 12A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para ácido succínico, ácido acético e ácido cítrico da polpa da pitaia nativa, durante o seu desenvolvimento.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Succínico	Acético	Cítrico
Tempo	7	0,694**	0,2**	0,051**
Erro	24	0,00006	0,0002	0,0006
Média geral		0,67	0,31	0,39
CV (%)		1,14	4,78	6,07

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 13A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos da pitaia nativa minimamente processada submetida aos sanificantes e armazenada a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Fungos filamentosos e leveduras	Microrganismos aeróbios psicrotróficos
Sanificantes (S)	6	0,667**	0,257**
Tempo (T)	5	2,77**	2,32**
S x T	30	0,06**	0,027**
Erro	84	0,009	0,013
Média geral		1,40	1,43
CV (%)		6,63	8,05

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 14A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para aparência, sabor, impressão global e intenção de compra da pitaia nativa minimamente processada submetida aos sanificantes e armazenada a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 15 dias.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		Aparência	Sabor	Impressão global	Intenção de compra
Sanificante (S)	6	0,003 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Tempo (T)	5	199,35**	269,32**	196,97**	55,68**
S x T	30	0,009 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Provador	11	0,106	1,044	2,937	0,662
Erro	451	0,235	0,272	0,264	0,129
Média geral		5,96	6,09	6,09	3,17
CV (%)		8,13	8,57	8,43	11,33

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativo, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

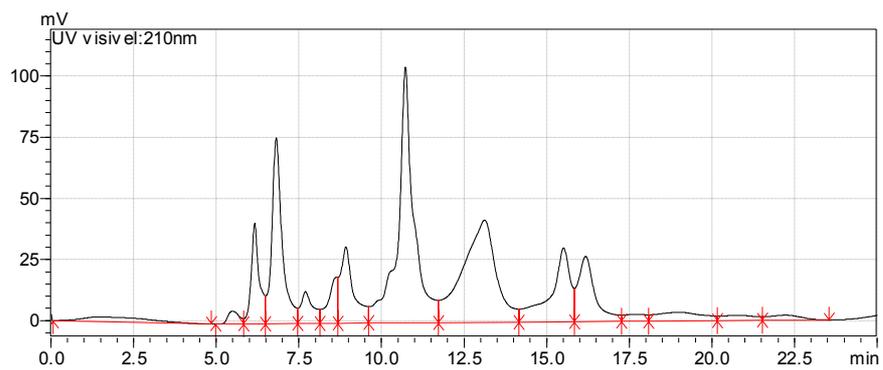


FIGURA 1B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 21 dias após a antese.

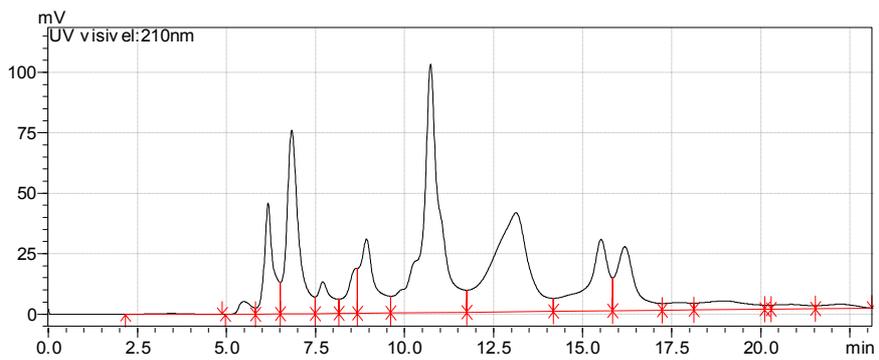


FIGURA 2B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 28 dias após a antese.

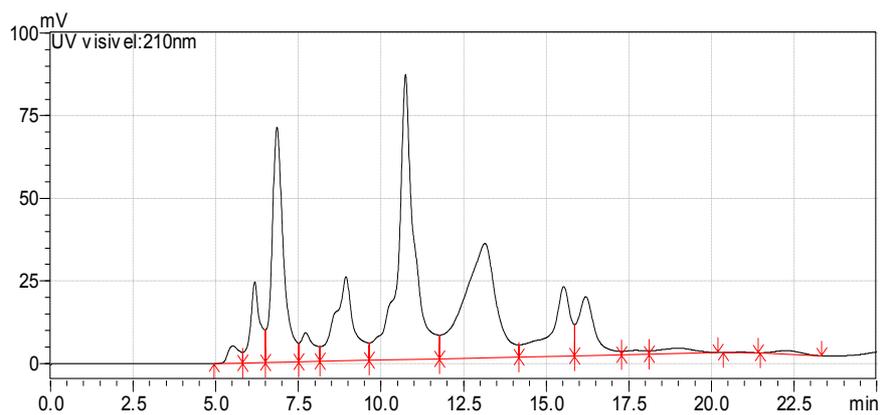


FIGURA 3B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 35 dias após a antese.

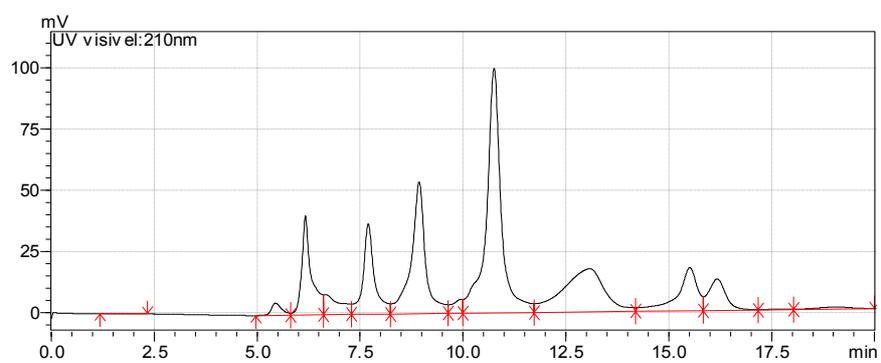


FIGURA 4B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 42 dias após a antese.

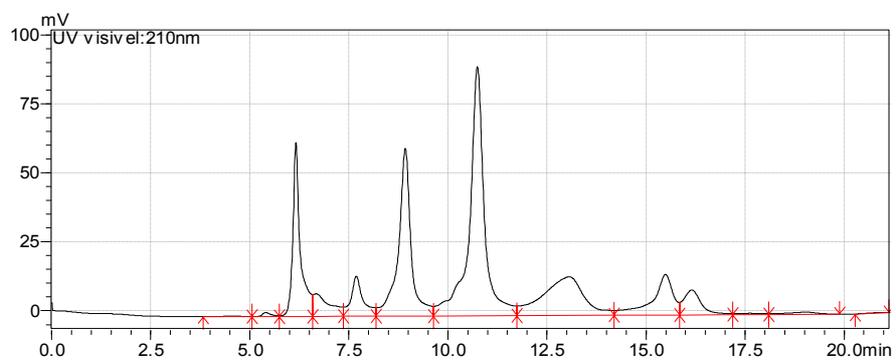


FIGURA 5B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 49 dias após a antese.

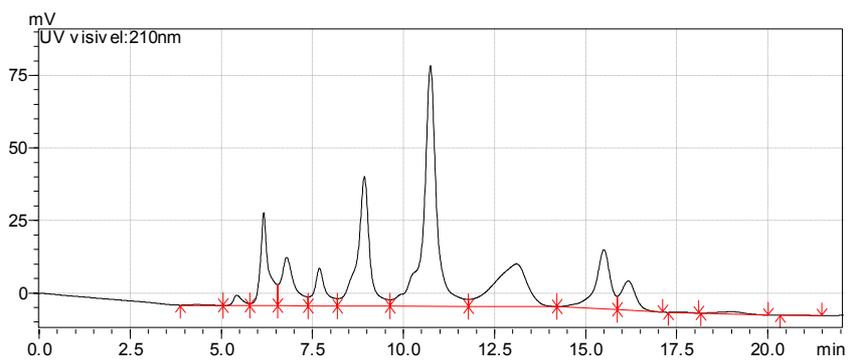


FIGURA 6B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 56 dias após a antese.

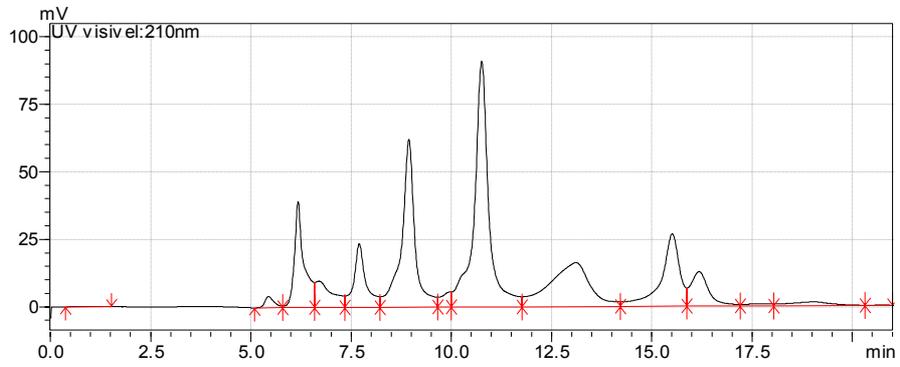


FIGURA 7B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 63 dias após a antese.

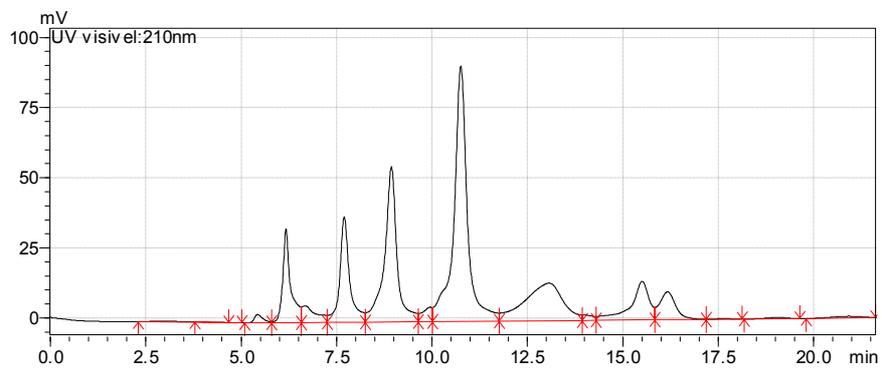


FIGURA 8B Cromatograma obtido na determinação de ácidos orgânicos da pitaia nativa, aos 70 dias após a antese.

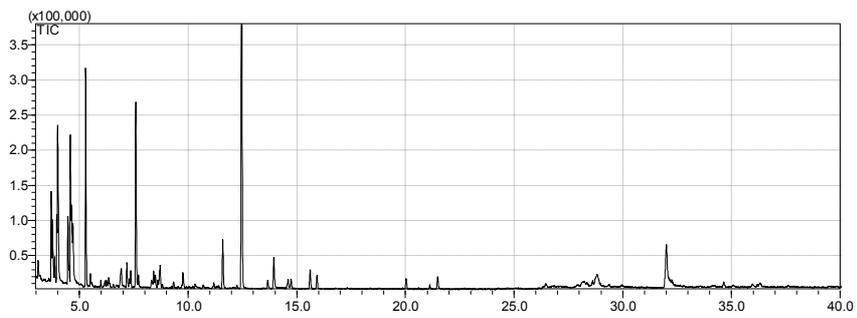


FIGURA 9B Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 42 dias após a antese.



FIGURA 10B Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 49 dias após a antese.

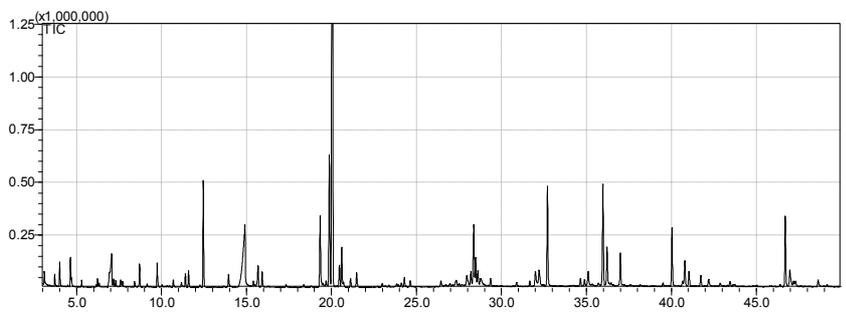


FIGURA 11B Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 56 dias após a antese.

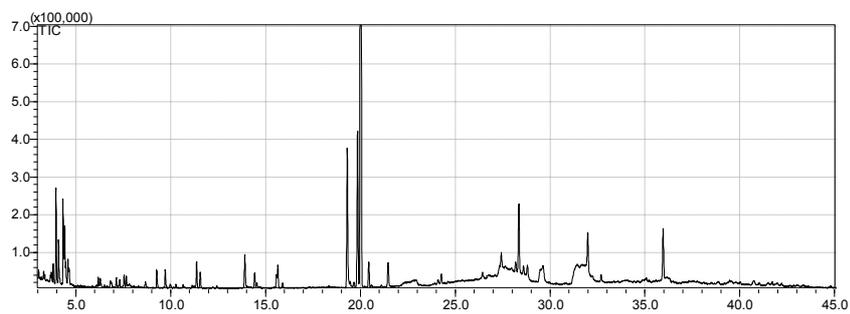


FIGURA 12B Cromatograma obtido na determinação dos compostos voláteis da pitaia nativa, aos 63 dias após a antese.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome:

Data:

Por favor, avalie as amostras utilizando a escala abaixo para descrever o sabor do produto. Marque com o número que melhor reflita o seu julgamento.

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei/nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

Amostra \ Atributo	A	B	C	D
Sabor				

Comentários:

FIGURA 13B Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação ao atributo sabor para pitaia nativa, aos 42 dias, 49 dias, 56 dias e 63 dias após a antese.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome:

Data:

Avalie as amostras e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência e do sabor da pitaiá *in natura* ou em metades.

- 9- gostei extremamente
- 8- gostei muito
- 7- gostei moderadamente
- 6- gostei ligeiramente
- 5- nem gostei/nem desgostei
- 4- desgostei ligeiramente
- 3- desgostei moderadamente
- 2- desgostei muito
- 1- desgostei extremamente

Atributo Amostra	Aparência	Sabor	Impressão global
<i>Fruta in natura</i>			
Fruta em metades			

Comentários:

Agora, utilizando a escala abaixo, indique a sua intenção de compra com relação ao produto.

- | | | | | | |
|--|--|------------|--------------------|-------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> 5- certamente compraria 4- provavelmente compraria 3- não sei 2- provavelmente não compraria 1- certamente não compraria | <table style="border: none;"> <tr> <td style="text-align: right;">Nº Amostra</td> <td style="text-align: left;">Intenção de compra</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">_____</td> <td style="text-align: left;">_____</td> </tr> </table> | Nº Amostra | Intenção de compra | _____ | _____ |
| Nº Amostra | Intenção de compra | | | | |
| _____ | _____ | | | | |

FIGURA 14B Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação aos atributos aparência, sabor, impressão global e intenção de compra para pitaiá nativa *in natura* e minimamente processada.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome:

Data:

Por favor, avalie as amostras e ordene-as em ordem decrescente de preferência em relação à aparência global das embalagens contendo pitaia minimamente processada.

**Mais
preferida**

**Menos
preferida**

Comentários:

FIGURA 15B Formulário com a escala do teste de preferência de pitaia minimamente processada acondicionada em bandejas rígidas de polipropileno envoltas com policloreto de vinila (PVC) e seladas com polipropileno (PP) e polietileno + polipropileno (PE + PP).

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____

Data: _____

Avalie as amostras e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência e sabor da pitaia minimamente processada.

	Nº Amostra	Aparência	Sabor	Impressão global
9- gostei extremamente	_____	_____	_____	_____
8- gostei muito	_____	_____	_____	_____
7- gostei moderadamente	_____	_____	_____	_____
6- gostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____
5- nem gostei/nem desgostei	_____	_____	_____	_____
4- desgostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____
3- desgostei moderadamente	_____	_____	_____	_____
2- desgostei muito	_____	_____	_____	_____
1- desgostei extremamente	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____
	_____	_____	_____	_____

Comentários:

Agora, utilizando a escala abaixo, indique a sua intenção de compra com relação ao produto.

	Nº amostra	Intenção de compra
5- certamente compraria	_____	_____
4- provavelmente compraria	_____	_____
3- não sei	_____	_____
2- provavelmente não compraria	_____	_____
1- certamente não compraria	_____	_____

FIGURA 16B Formulário com a escala do teste utilizado na aceitabilidade em relação aos atributos aparência, sabor, impressão global e intenção de compra para pitaia do cerrado minimamente processada submetida ao controle e a tratamentos com NaClO, H₂O₂ e NaDCC, em diferentes concentrações, armazenada a 6±1°C, por 15 dias.