

Maria Rafaella da Fonseca Pimentel

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE FRUTOS DE ACHACHAIRU
(*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) CULTIVADOS EM MORENO-PE**

Recife-PE

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

Maria Rafaella da Fonseca Pimentel

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE FRUTOS DE ACHACHAIRU
(*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) CULTIVADOS EM MORENO-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito parcial para obtenção do grau de: Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima

Recife-PE, Brasil

2012

Ficha Catalográfica

P644C Pimentel, Maria Rafaella da Fonseca
Caracterização qualitativa de frutos de achachairu
(*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) cultivados em Moreno-PE /
Maria Rafaella da Fonseca Pimentel. -- Recife, 2012.
75 f. : il.

Orientador (a): Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima.
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Ciências Domésticas, Recife,
2012.

Inclui referências e apêndice.

1. Características de qualidade 2. Compostos fenólicos
3. Atividade Antioxidante 4. Atividade enzimática I. Lima, Vera
Lúcia Arroxelas Galvão de, Orientador II. Título

CDD 640

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE FRUTOS DE ACHACHAIRU
(*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) CULTIVADOS EM MORENO-PE**

Por Maria Rafaella da Fonseca Pimentel

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e aprovada em 04/09/2012 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Alda Verônica Livera
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a Enayde de Almeida Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a Rosimar dos Santos Musser
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

A Deus, o mestre da vida.
Aos meus pais, pela dedicação e incentivo incondicional.
Ao meu amor, Marcelo, pela paciência e motivação.
E ao meu filho que chegará em breve.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida.

Ao meu noivo, Marcelo Mendonça pela paciência, compreensão, carinho e atenção em todos os momentos dessa árdua jornada.

A toda a minha família, em especial, aos meus pais, José Luis Pimentel e Kátia Lanuza; aos meus irmãos, Kassia Lanuza, Anderson Luis e Valkíria Ferreira; e à minha sobrinha Lívia Rayana, pelo apoio incondicional, incentivo nos momentos difíceis, dedicação e amor.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de concretização do tão sonhado mestrado.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima, por ter encarado junto comigo o desafio de desenvolver essa pesquisa, além da confiança e amizade durante todo o processo.

À Prof^a Dr^a Enayde de Almeida Melo pelo apoio e exemplo de competência e dedicação.

As minhas amigas guerreiras, Elaine Pereira, Lívia Cabanez, Sônia Alexandrino, Diana Cavalcanti e Cristiane Araújo, que assim como eu enfrentaram vários desafios, e que com carinho e união tornaram tudo nessa jornada mais fácil.

A todos os professores meu reconhecimento sincero pelos ensinamentos transmitidos e árduos esforços no avanço do referido Programa.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Ciências Domésticas pela disposição em auxiliar sempre.

Ao Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Nonete Barbosa Guerra do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, representado pela Prof^a. Dr^a. Alda Verônica Livera e responsável técnico Camillo, pelas contribuições na minha pesquisa.

Ao Laboratório de Tecnologia de Bioativos do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE, representado pela Prof^a Dr^a Ana Porto e pelo doutorando Gileno Vitor, que se dispuseram em ajudar nas análises da dissertação.

À CAPES, pelo financiamento da bolsa concedida.

Ao produtor Sérgio, pelas doações dos frutos utilizados no estudo.

Enfim, a todas as pessoas citadas ou aquelas que por ventura eu possa ter esquecido meus profundos agradecimentos, pois vocês, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e tenho certeza que a torcida foi primordial para conquista da minha vitória!

MUITO OBRIGADA!

EPÍGRAFE

“O desconhecido assusta, mas é preciso ter força e coragem para seguir em frente e conquistar além do esperado por todos.”

Autor desconhecido

RESUMO

Diante do recente interesse comercial das frutíferas exóticas e da necessidade de obtenção de dados para os consumidores e produtores, este estudo objetivou caracterizar os frutos de achachairu (*Garcinia humilis*) provenientes de plantio comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE. Frutos maduros foram utilizados para determinações físicas, composição centesimal, fibras, açúcares, minerais, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e pH. Extratos hidroacetônicos e hidrometanólicos, ambos a 80%, da casca, polpa e semente foram submetidos à quantificação de compostos fenólicos totais e determinação da capacidade de sequestro do radical livre ABTS^{•+}. A atividade enzimática das diferentes partes do fruto também foi avaliada utilizando como solventes a água, tampão fosfato e cloreto de sódio. Com relação às características físicas, o achachairu apresentou rendimento em polpa de 31,8%. Quanto à composição química, a semente apresentou destaque nos teores de cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos; a polpa nos valores de açúcares totais e não redutores, enquanto a casca, no conteúdo de açúcares redutores e potássio. Houve diferença estatística entre as partes do fruto analisadas quanto aos valores de pH, acidez total, sólidos solúveis, e ácido ascórbico. O teor de fenólicos totais da casca em metanol diferiu estatisticamente dos demais, tendo apresentado o maior teor deste fitoquímico (4.137,03mg de EAG 100g⁻¹). Dentre os solventes, a extração dos fenólicos presentes na casca foi mais eficiente com o uso do metanol e, os presentes na polpa, como uso da acetona; enquanto que na semente, ambos os solventes apresentaram capacidade de extração estatisticamente igual (p>0,05). A ação antioxidante da casca em acetona frente ao radical ABTS^{•+} foi superior aos demais solventes extratores e as partes do fruto, sendo a polpa em metanol a combinação menos efetiva. Quanto à atividade enzimática, os valores obtidos demonstraram grande variação entre as enzimas, soluções extratoras e as partes do fruto. Desta forma, o consumo do achachairu pode contribuir com nutrientes necessários à dieta humana e, sua casca e semente, podem ser uma alternativa para obtenção de antioxidante natural.

Palavras-chave: características de qualidade; compostos fenólicos; atividade antioxidante; atividade enzimática.

ABSTRACT

Considering the recent commercial interest of exotic fruit and the need to obtain data for consumers and producers, this study aimed to characterize the fruits of achachairu (*Garcinia humilis*) from commercial plantation located in Bonança, district of Moreno-PE. Ripe fruits were used for physical measurements, proximate composition, fiber, sugars, minerals, ascorbic acid, soluble solids, titratable acidity and pH. Hydroacetic and hydromethanolic extracts, both at 80%, of the skin, pulp and seed were submitted to quantification of total phenolic compounds and determination of free radical ABTS^{•+} scavenging activity. The enzymatic activity of the different parts of the fruit was also assessed using solvents such as water, phosphate buffer and sodium chloride. With respect to physical characteristics, the pulp yield of achachairu was 31.8%. Regarding to the proximate composition, the seed stood out with higher content of ash, protein, lipid and carbohydrates; the pulp with the values of total sugars and non-reducing sugars, while the skin with the reducing sugars and potassium content. There were statistical differences between the analyzed parts of the fruit for pH, titratable acidity, soluble solids and ascorbic acid. The total phenolic content of skin in methanol statistically differed from the others, and showed the highest level of this phytochemical (EAG 4,137.03 mg 100g⁻¹). Among the solvents, the phenols extraction of the skin was more efficient with methanol, on the pulp, was acetone, whereas on the seed, both solvent exhibited statistically similar (p>0.05) extraction capacity. The antioxidant activity of skin in acetone against the radical ABTS^{•+} was higher than the other solvents extractors and parts of the fruit, and the pulp in methanol was the less effective combination. For the enzymatic activity, the values obtained showed wide variation between enzymes, extraction solutions and parts of the fruit. Thus, the consumption of achachairu can contribute with nutrients to the human diet, and its skin and seed can be an alternative to obtain natural antioxidant.

Keywords: quality characteristics; phenolics compounds; antioxidant activity; enzymatic activity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Aspectos gerais do achachairu	13
2.2 Parâmetros de qualidade dos frutos.....	17
2.2.1 Características físicas pós-colheita.....	17
2.2.1.1 Tamanho e forma.....	18
2.2.1.2 Rendimento da matéria-prima	18
2.2.2 Características físico-químicas pós-colheita.....	19
2.2.2.1 Valor nutritivo	19
2.2.2.2 Vitamina C	19
2.2.2.3 Acidez titulável e pH	20
2.2.2.4 Sólidos solúveis e razão SS/AT	21
2.2.3 Características bioquímicas pós-colheita.....	21
2.2.3.1 Compostos Fenólicos	21
2.2.3.2 Antioxidantes	24
2.2.3.3 Enzimas	25
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
4. OBJETIVOS	35
4.1 Objetivo Geral.....	35
4.2 Objetivos Específicos.....	35
5. RESULTADOS	36
Artigo: Caracterização qualitativa de frutos de achachairu (<i>Garcinia humilis</i> (Vahl) C. D. Adam) cultivados em Moreno-PE	36
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira apresenta grande importância, não somente no setor primário, mas também para a indústria e o comércio. É uma atividade importante na fixação do homem a terra, pois possibilita uma exploração intensiva das áreas de produção; utiliza uma elevada quantidade de mão-de-obra, constituindo em expressiva fonte geradora de empregos; proporciona a obtenção de produtos de alto valor agregado, tanto em frutas destinadas ao consumo *in natura* quanto industrializadas (SILVA JUNIOR; BEZERRA; LEDERMAN, 2008).

Aliado a isso, as frutas, em geral, apresentam uma vasta gama de vitaminas e precursores, sais minerais, fibras de vários tipos e baixo valor calórico que proporcionam vários benefícios à saúde como: aumento da expectativa de vida, vitalidade e prevenção de patologias. As frutíferas exóticas estão inclusas neste contexto como uma boa alternativa de diversificação no cardápio, já que as frutas são elementos essenciais e indispensáveis para o ser humano (LORENZI et al., 2006).

Segundo o *Brazilian Fruit* (2010), o Brasil ocupa o terceiro lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais de frutas frescas com 42,6 milhões de toneladas em 2,2 milhões de hectares distribuídos pelo país. Desse volume, apenas 2% da produção foi destinado às exportações em 2010, tendo como principal rota a União Europeia, que concentra 76% do mercado das exportações brasileiras.

De acordo com Almeida (2004) o setor de frutas em 1991 movimentou 1.467.101 toneladas, sendo 22 mil toneladas de frutas exóticas, correspondendo a 1,5% do setor. Em 2001, a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), movimentou um total de frutas de aproximadamente 1.476.245 toneladas, e as frutas exóticas representavam 2,98% do setor, praticamente dobrando a comercialização e mostrando a importância deste mercado consumidor. Esse crescente interesse no cultivo de frutas exóticas foi impulsionado pelo aumento da diversificação frutífera no

Brasil, onde se encontra boas condições climáticas e solo favorável para o cultivo de muitas espécies de frutas tropicais.

O achachairu é um dos vários representantes das frutíferas exóticas, que era pertencente ao gênero *Rheedia spp*, mas atualmente pertence ao gênero *Garcinia*. Com essa recente mudança de gênero, estabeleceu-se certa confusão na nomenclatura das dezenas de espécies conhecidas. Isso porque alguns autores ainda usam o termo *Rheedia* para algumas frutíferas nativas e exóticas existentes em várias regiões mundiais (BARBOSA; ARTIOLI 2007).

O achachairuzeiro é uma frutífera originária da floresta tropical de média altitude da Bolívia, onde ocorre no estado nativo e semi-cultivado. Seu fruto é da família *Clusiaceae (ex-Guttiferae)*, que possui aproximadamente 1350 espécies, também é conhecido popularmente como achachairu, chachairu, tatairu, bacupari boliviano, shashairú, ibaguazú, cachicheruqui e tapacuarai (LORENZI et al., 2006; JANICK; PAULL, 2008).

Embora o achachairu venha sendo comercializado no Brasil, os dados disponíveis na literatura sobre esse fruto são limitados. Há alguns relatos de plantios em São Paulo, Santa Catarina e Pernambuco (BARBOSA; ARTIOLI, 2007; BARBOSA et al., 2008; SOPRANO, 2010).

Barbosa et al. (2008), utilizando frutos adquiridos na CEAGESP, provenientes de cultivos na região de Recife-PE, avaliaram a germinação das sementes sob diferentes condições e temperaturas e o desenvolvimento inicial das plântulas em casa de vegetação. Soprano et al. (2010) com o objetivo de conhecer o potencial dessa espécie para cultivo no litoral de Santa Catarina relataram resultados de quatro anos de acompanhamento/avaliações feitas em plantas que foram introduzidas no Banco de Germoplasma na Estação Experimental de Itajaí em 2005.

Diante do interesse de seu cultivo no Brasil, essa pesquisa teve como objetivo caracterizar qualitativamente frutos de achachairu provenientes de um plantio comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do achachairu

O achachairu (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) também conhecido pelos nomes de achachairu, chachairu, tatairu, bacupari boliviano, shashairú, ibaguazú, cachicheruqui e tapacuarai, é um fruto de sabor excelente. Essa frutífera pertence ao gênero *Garcinia* (ex-*Rheedia*), que inclui perto de 600 espécies de árvores e arbustos cujo parente mais famoso é o mangostão (*Garcinia mangostana* L.), considerado a “rainha das frutas” (LORENZI et al., 2006; JANICK; PAULL, 2008; SOPRANO et al., 2010).

Em 1703, Plumier descobriu pela primeira vez uma espécie deste gênero com o nome de *Van Rheedia*, que posteriormente (1755-1760) descreveu o hábito de crescimento de uma planta com mesmo nome. Esta planta é provavelmente *Rheedia laterifolia*, atualmente denominada *Garcinia humilis* que foi descrita por Linnaeus em 1753 (FDTA – Trópico Húmido, 2005).

O achachairu significa “beijo de mel” no idioma guarani. Na Bolívia, este fruto é consumido no seu estado natural, como fruta silvestre, pois o grau de industrialização desse produto ainda é baixo ou inexistente. Longe de ser desconhecida, a fruta já tem um lugar no mercado local, onde se podem apreciar de diferentes locais de origem, deduzindo assim sua importância, principalmente econômica, para os produtores e forte preferência dos consumidores (IBCE, 2010).

Esse fruto cresce naturalmente no leste da Bolívia, onde são encontradas diferentes espécies. De acordo com o seu tamanho e peso foram classificados em 12 tipos, e agrupados em grandes, médios e pequenos. Em Santa Cruz é plantada na área do Parque Amboró e em lugares como Porongo, La Guardia, El Torno, Saavedra, Montero, Buena Vista, San Pedro, Guarayos, San Javier, San Carlos, Yapacaní e Ayacucho (BARBOSA; ARTIOLI, 2007; IBCE, 2010).

O achachairu é um dos frutos mais apreciados no seu país de origem pelo sabor agridoce único, entretanto, devido a sua curta safra, ele só é encontrado no mercado durante algumas semanas no ano. Segundo o IBCE (2010), de novembro até fim de fevereiro, a fruta reina nos mercados bolivianos e sua demanda é cada vez maior. Frente esta situação já existem iniciativas não só para aumentar a produção e qualidade, mas também para aproveitar na indústria de sucos, sorvetes, conservas e outros produtos. É por esta razão que nos últimos anos tem havido um interesse no estabelecimento de plantios comerciais da fruta, objetivando a industrialização e exportação. Os possíveis benefícios nutricionais e antioxidantes desta fruta fazem os produtores e pesquisadores supor que em poucos anos, pode se tornar uma fruta de exportação (NUNES, 2004; IBCE, 2010).

Na Bolívia, há projetos de desenvolvimento da cadeia produtiva para o atendimento de produtores do município de Ayacucho, onde se realizam festas anuais para promoção da fruta e de seus produtos industrializados, como sucos e doces (BARBOSA; ARTIOLI, 2007).

O achachairu é proveniente de uma árvore perenifólia que exsuda látex amarelado e atinge entre 10 e 15m de altura. Essa árvore possui folhas simples, coriáceas, glabras e lustrosas na sua face superior, com cerca de 10 a 18cm de comprimento. Suas flores podem ser solitárias ou agrupadas em fascículos axilares, estróginas e andróginas, formadas principalmente durante os meses de julho-setembro. Seus frutos são drupáceos, com casca grossa, e contém de 1 a 2 sementes esbranquiçadas, alongadas (2,6x1,2cm) e grandes, cobertas por polpa compacta, de sabor levemente ácido e muito saborosa (LORENZI et al., 2006). Trata-se de uma fruta de grande potencial para cultivo comercial, pela longa durabilidade e tolerância ao manuseio e transporte, garantindo assim vantagens competitivas (SOPRANO, 2010).

No Brasil, o achachairu é pouco conhecido e, às vezes, confundido pelo público leigo com frutas de outras espécies, como o bacupari, bacuripari e bacurizinho (BARBOSA; ARTIOLI, 2007). No Nordeste, a maturação dos frutos ocorre entre fevereiro e abril, sendo esses bastante resistentes ao transporte e de boa conservação sob refrigeração.

De acordo com FDTA – Trópico Húmido (2005), quando se inicia o cultivo do achachairu os rendimentos de produção são muito baixos. No entanto, com o desenvolvimento da planta, a produção aumenta gradualmente, por exemplo: plantas de 9 a 15 anos podem produzir até 2.000 frutos; plantas entre 16 e 20 anos até 5.000 frutos e plantas chamadas "velhas" (acima de 30 anos) podem produzir uma média de 9.000 frutos. Segundo os produtores entrevistados no projeto “Melhoramento do sistema de produção, seleção e comercialização do cultivo de achachairu (*Rheedia spp*), no município de Ayacucho (Porongo), Santa Cruz”, embora as plantas novas possuam uma baixa produção, o tamanho dos frutos é superior, quando comparados com os frutos provenientes de plantas mais velhas. Essas produzem grande quantidade de frutos, porém de tamanho reduzido (pequeno e médio).

Barbosa e Artioli (2007) relataram que os frutos, cuja origem não foi revelada, têm massa média de 30g e são globoso-oblongos, com diâmetros transversais e longitudinais de 35,8mm e 45,2mm respectivamente. A base peduncular do fruto é estreita e a calicinal mais larga, são amarelo-alaranjados, com casca grossa (3,53mm), lisa, firme e resistente; internamente a casca é creme-palha. A polpa, não aderente à casca, é branca, succulenta e de textura mucilaginosa, representando $\frac{1}{3}$ da massa média do fruto e, após a remoção da semente, se oxida muito rápido sugerindo a presença de enzimas oxidativas como a polifenoloxidase. O sabor é bem agradável e adocicado, com 15°Brix e valor de pH próximo a 4,0.

Os frutos são bagas que apresentam casca com coloração verde no início do seu desenvolvimento, e com a maturação se transforma em amarelo-alaranjado. Esses quando completamente maduros externam a cor laranja avermelhado. A casca e a polpa são responsáveis pelos maiores percentuais do peso total do fruto. O achachairu é constituído em média, de três sementes de cor marrom, com normalmente duas delas involuídas. As sementes são cilíndricas, com diâmetros longitudinais e transversais de 3,0-3,4cm e 1,5-2,0cm, respectivamente, e possuem uma resina amarela no seu interior. (JANICK; PAULL, 2008).

A polpa do achachairu é um equilíbrio entre doçura e sutil acidez, que produz uma sensação de sabor incomum. Além disso, a facilidade de

separação entre a polpa, casca e sementes auxilia sua utilização em preparações culinárias misturadas com outras frutas, a exemplo das saladas. A casca e as sementes da fruta, por sua vez, são usadas para elaboração de uma bebida refrescante, especialmente no município de Beni na Bolívia (IBCE, 2010).

Essa frutífera foi introduzida recentemente no Brasil. A Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina recebeu a solicitação de identificar uma espécie plantada por um antigo proprietário boliviano. Desde então as 15 plantas cultivadas no interior do município de Camboriú têm sido acompanhadas anualmente. Já foram feitos testes de multiplicação vegetativa e por sementes (principal forma de propagação), e de qualidade de frutos. Com as sementes dos frutos dessas plantas de Camboriú foram obtidas mais de 1.000 plantas para testes em Santa Catarina, a fim de verificar o comportamento nas diferentes regiões. A partir das observações dessas áreas, serão feitas recomendações de cultivos ou locais onde o cultivo poderá ser realizado. As produções das safras de 2007/2008 e 2008/2009 não foram muito animadoras. Entretanto, na safra (2009/2010) obteve-se uma maior produção, estima-se algo em torno de 2 mil a 3 mil frutos por planta. Isso equivale a uma produtividade de 12 a 18 mil quilos por hectare (TODA FRUTA, 2010).

O achachairu é considerado um fruto não-climatérico, ou seja, apresenta uma baixa e constante atividade respiratória, com ligeiro declínio após a colheita, portanto não é capaz de completar o processo de amadurecimento quando colhido maturo, devendo permanecer na planta até o final da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ACHACHA FRUIT MANAGEMENT, 2011).

Quanto ao armazenamento, há uma divergência de informações. Segundo o *Achacha Fruit Management* da Austrália (2011), diferente da maioria das frutas, o achachairu deve ser armazenado à temperatura em torno de 20°C. Contudo, Silva; Soprano (2010) ao avaliarem formas de armazenamento de frutos de achachairu cultivados em Santa Catarina, verificaram que as melhores temperaturas para sua conservação estão ao redor de 7°C, e se forem embalados em sacos de polietileno fechados

hermeticamente, mantêm suas características físicas, como comprimento, diâmetro, peso e SST por períodos maiores de 30 dias.

2.2 Parâmetros de qualidade dos frutos

Para que um alimento possa ser aceito pelo consumidor, várias características que determinam sua qualidade devem ser satisfeitas, estando essas características relacionadas com o conjunto de atributos referentes à aparência, sabor, odor, textura e valor nutritivo, e também as que estão relacionadas com sua caracterização física e química. Com relação aos frutos, essas características irão determinar sua aceitação para o consumo *in natura*, assim como a sua utilização na indústria alimentícia (CHAVES, 1993).

A qualidade de frutas ou hortaliças *in natura* depende da cultivar, técnicas de cultivo, condições climáticas, maturidade e método de colheita. Além disso, procedimentos e condições de manuseio, e tempo entre a colheita e o consumo, também tem impacto na qualidade desses produtos (LAMIKANRA, 2002).

Segundo Chitarra; Chitarra (2005), os requisitos de qualidade de um produto hortícola são agrupados em quatro categorias, sendo elas: parâmetros sensoriais, rendimento, valor nutritivo e segurança, devendo ser considerados em conjunto não só para satisfazer a necessidade do consumidor, como também, para proteção da saúde pública.

2.2.1 Características físicas pós-colheita

De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), as principais características físicas para frutas e hortaliças são: a textura, o peso, o tamanho, a forma (diâmetro/ comprimento), a espessura da casca e o número de sementes (alguns frutos), a relação polpa/casca ou polpa/caroço e o rendimento em suco ou polpa.

2.2.1.1 Tamanho e forma

O tamanho é avaliado pelas dimensões (circunferência, diâmetro, comprimento e largura), peso ou pelo volume (gravidade específica); e a forma, pela relação entre os diâmetros ou por outras características peculiares da espécie ou cultivar. A forma também pode ser estabelecida mediante medições das dimensões ou pelo uso de tabelas com relação às dimensões (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os atributos físicos conduzem ao desenvolvimento de técnicas para o melhor acondicionamento quando se pretende comercializar frutos *in natura*, classificando-os pelo tamanho e peso uniformes (NORONHA; CARDOSO; DIAS, 2000).

Dentre esses parâmetros, o peso médio de frutos é uma característica importante para o mercado de frutas frescas, uma vez que os frutos mais pesados são também os de maiores tamanhos, tornando-se mais atrativos para os consumidores (LIRA JUNIOR et al., 2005). Esse pode ser influenciado por diversos fatores genéticos, fisiológicos, climáticos e nutricionais, além da produção por planta que interfere bastante no peso final do fruto (CHISTÉ et al., 2009).

2.2.1.2 Rendimento da matéria-prima

Importante parâmetro de qualidade, o rendimento de um fruto é obtido pelas proporções entre a casca, a polpa e a semente ou caroço. Segundo Chitarra; Chitarra (2005), a proporção entre o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo (caroço) é de interesse em algumas frutas, podendo ser utilizada, em conjunto com outras características, como coeficiente de maturação ou como indicativo de rendimento da matéria-prima.

Em estudo de caracterização física e química de mangostão amarelo (*Garcinia xanthochymus*) do Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Estadual Paulista, foi constatado que o rendimento em polpa do fruto está correlacionado com a casca x polpa e caroço x polpa. As porcentagens de sementes e casca contribuíram para uma alta porcentagem de polpa,

destacando a qualidade dos frutos e seu potencial para industrialização (CAVALCANTE; JESUS; MARTINS, 2006).

2.2.2 Características físico-químicas pós-colheita

2.2.2.1 Valor nutritivo

As frutas frescas desempenham um papel significativo na nutrição humana, especialmente como fontes de vitaminas, minerais e fibras dietéticas (LAMIKANRA, 2002). O conhecimento das alterações da composição desses alimentos também é importante para se entender de que forma aspectos como maturidade pós-colheita, processos metabólicos e manipulação pós-colheita podem afetar a qualidade nutricional (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O valor nutricional das frutas assemelha-se ao das hortaliças, ou seja, são abundantes em água e carboidratos, sendo os açúcares simples (mono e dissacarídeos) responsáveis pelo sabor doce das frutas e os polissacarídeos na constituição das fibras. Não são, em geral, boas fontes de lipídeos e proteínas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ORNELAS, 2007). Entretanto, esse é um atributo de qualidade que é pouco considerado na cadeia de comercialização de frutas, já que não afetam a aparência e a qualidade comestível (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O valor nutritivo quanto aos teores de umidade, proteínas, lipídeos totais, carboidratos totais, fibra alimentar total e cinzas são refletidos nos dados de composição centesimal (TACO, 2006).

2.2.2.2 Vitamina C

A principal forma biologicamente ativa da vitamina C é o ácido L-ascórbico (forma reduzida), porém, sua forma reversivelmente oxidada, dehidroascórbico (DHA), também apresenta atividade vitamínica (CARDOSO et al., 2011). Esta vitamina é encontrada fundamentalmente em frutas e

hortaliças, e sua estabilidade é afetada por diversos fatores como oxigênio, pH, luz, temperatura e conteúdo de umidade ou atividade de água (LEE; KADER, 2000). O conteúdo de vitamina C também pode sofrer perdas pós-colheita promovidas por danos mecânicos, longos períodos de armazenamento, altas temperaturas, baixa umidade relativa e injúrias do frio (LAMIKANRA, 2002).

O consumo adequado de frutas, com alto teor de vitamina C pode resultar em melhoria da saúde, reduzindo os riscos de doenças como: diabetes, catarata, glaucoma, degeneração macular, aterosclerose, derrame, osteoartrite, doenças cardíacas e câncer (OKIEI et al., 2009). Isso ocorre devido às múltiplas funções do ácido ascórbico no organismo, sendo conhecido por possuir diversas atividades biológicas, tais como: a melhoria do sistema imunológico, favorecimento da absorção de ferro, redução da suscetibilidade a infecções, além de ter ação antioxidante, reagindo com oxigênio e outros radicais livres (LEE; KADER, 2000).

2.2.2.3 Acidez titulável e pH

A acidez titulável (AT) determina o percentual de ácidos orgânicos, enquanto que o pH expressa o potencial hidrogeniônico da solução (concentração de íons hidrogênio). Ambos são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos (LIRA JUNIOR et al., 2005).

A acidez em hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais de ésteres, glicosídeos. Tais ácidos contribuem tanto para a acidez como para o aroma característico. Em frutas, os ácidos orgânicos mais abundantes são: cítrico, málico, tartárico, oxálico e benzóico, havendo predominância desses ou de outros, de acordo com a espécie (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ORNELAS, 2007).

Com a maturação das frutas, o teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, acarretando uma diminuição da acidez e aumento do pH (ORNELAS, 2007; ALAM et al., 2010).

2.2.2.4 Sólidos solúveis e razão SS/AT

O teor de sólidos solúveis (SS) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que o valor aumenta à medida que os açúcares vão se acumulando na fruta. Outras substâncias também encontram-se dissolvidas na seiva vacuolar (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos e etc.), no entanto, dentre essas, os açúcares são os mais representativos, constituindo até 85-90% dos SS. Esses valores podem variar de acordo com a espécie, cultivares, estágio de maturação e clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em alguns frutos, o índice de maturidade é estabelecido pelo teor de SS já que há uma tendência de aumento com o avanço da maturação. Contudo, este não é um indicativo seguro, devendo ser associado a outras características físicas (textura, tamanho, relação polpa/casca, entre outras) ou determinações químicas a exemplo da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A relação SS/AT é uma das melhores formas de avaliação do sabor de frutos, sendo mais representativa que a medição isolada de sólidos solúveis e de acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005; PINTO et al., 2003).

2.2.3 Características bioquímicas pós-colheita

Os produtos vegetais sofrem uma série de estresse quando colhidos, devido às modificações no seu ambiente, suprimento de nutrientes e ferimento pelo processo de colheita. Portanto, as transformações bioquímicas, ao longo do desenvolvimento e na fase pós-colheita, são os principais eventos responsáveis pelas modificações nos atributos sensoriais e nutricionais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.2.3.1 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos, também denominados polifenóis, são bastante diversificados e distribuídos, podendo ser encontrados na maioria das frutas e hortaliças, onde constituem uma das principais classes de metabólitos

secundários com uma ampla variedade de estruturas e funções. Em geral, apresentam pelo menos um anel aromático contendo uma ou mais hidroxilas (OH), além de outros substituintes como carboxilas, metoxilas, estruturas cíclicas não-aromáticas, e outros (ROBARDS et al., 1999).

Os níveis de fenólicos em plantas podem variar em função das partes que a compõem, dentro da mesma espécie, de acordo com a maturidade, o tipo de tecido, as condições de crescimento, a idade, a pós-colheita, as condições de armazenamentos, entre outros fatores (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Em um estudo com três genótipos de cajá e dois estádios de maturação (verde e maduro), foi demonstrado que a casca apresentou valores mais elevados quando comparados com os valores encontrados na polpa. Vale ressaltar ainda que, observou-se uma diminuição no teor dos compostos fenólicos dos frutos de cajá com a sua maturação (GUERRA, 2010).

Quanto às suas diversas funções, destacam-se como sendo os principais responsáveis pelo potencial antioxidante do reino vegetal. Isso acontece devido às suas propriedades redox, permitindo que eles atuem como agentes redutores, doadores de hidrogênio, supressores de radicais livres e quelantes de metais. Dependendo da classe que pertence, sua estrutura lhe confere propriedade antioxidante, sendo a intensidade dessa capacidade associada ao número e posição de hidroxilas presentes em sua molécula (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001). Entretanto, eles também podem se comportar como pró-oxidantes de acordo com a sua participação como substrato das reações de escurecimento enzimático (SHUKLA et al., 2009).

Em humanos, tem-se observado que esses compostos são capazes de reagir com os radicais livres, formando radicais estáveis, sendo esse poder de neutralização das estruturas radicalares devido a sua estrutura química (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBYLLA, 2002; GIADA; MANCINI-FILHO, 2006).

Dai; Mumper (2010) relataram a existência de cerca de oito mil compostos fenólicos, desde moléculas simples, como ácidos fenólicos, até estruturas altamente polimerizadas como os taninos. Esses compostos podem ser sistematizados em diferentes classes em função do tipo e número de anéis fenólicos que eles contêm, e em subclasses de acordo com substituições

específicas na estrutura básica, associações com carboidratos e formas polimerizadas (ALMEIDA, 2007).

Farah; Donangelo (2006) ressaltam a classificação na existência de duas principais classes, sendo uma constituída por compostos não flavonóides, onde estão incluídas as subclasses dos ácidos fenólicos: ácidos benzóicos e ácidos hidroxibenzóicos, taninos hidrolizáveis, estilbenos e ligninas. Enquanto que na outra classe, encontram-se os compostos flavonóides, a exemplo: flavonóis, flavonas, flavononas, flavanóis, isoflavonas, antocianinas e taninos condensados ou proantocianidina. Harborne (1973); Harborne; Baxter; Moss (1999) sistematizaram esses compostos de acordo com a sua estrutura (TABELA 1).

Tabela 1: Compostos fenólicos em plantas

Classe	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	C_6
Ácidos hidroxibenzóicos	C_6-C_1
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	C_6-C_2
Ácidos hidroxibenzóicos, fenilpropanóides	C_6-C_3
Naftoquinonas	C_6-C_4
Xantonas	$C_6-C_1-C_6$
Estilbenos, antoquinonas	$C_6-C_2-C_6$
Flavonóides, isoflavonóides	$C_6-C_3-C_6$
Lignananas, neolignananas	$(C_6-C_3)_2$
Bioflavonóides	$(C_6-C_3-C_6)_2$
Ligninas	$(C_6-C_3)_n$
Taninos condensados	$(C_6-C_3-C_6)_n$

Fonte: Harborne (1989); Harborne, Baxter, Moss (1999) citados por Angelo; Jorge (2007)

2.2.3.2 Antioxidantes

Antioxidantes são de modo geral, qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada ao substrato oxidável, retarda ou inibe a reação deste substrato de maneira eficaz, podendo atuar no início ou na propagação das reações oxidativas da cadeia. Essas substâncias podem ser tanto naturais como sintéticas, a exemplo do BHA - hidroxibutilanisol e BHT - hidroxibutiltolueno (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; SIES; STAHL, 1995).

De acordo com o levantamento realizado por Wang et al. (2011), a capacidade antioxidante de frutas e hortaliças está relacionada com altas concentrações de fenólicos. Além disso, os pesquisadores acreditam que os alimentos antioxidantes podem aliviar o estresse oxidativo e, assim, diminuir a progressão de doenças cardiovasculares, contribuindo para a promoção da saúde cardíaca.

Em frutos de *Garcinia dulcis*, Deachathai et al. (2005) relataram em seu estudo que além dos compostos fenólicos já conhecidos foram identificados mais cinco novos compostos, sendo três deles no estágio verde e dois no estágio maduro. Do total de 37 compostos isolados e submetidos ao método de sequestro do radical DPPH, cinco deles (dulcisflavan, camboginol, morelloflavone, cambogin e epicatequina) apresentaram um percentual antioxidante mais efetivo quando comparado ao sintético BHT.

A avaliação da atividade antioxidante pode ser realizada por diferentes métodos, como a capacidade antioxidante em equivalente de Trolox (TEAC), capacidade de absorvância do radical oxigênio (ORAC), parâmetro antioxidante de aprisionamento do radical total (TRAP), poder antioxidante redutor do íon férrico (FRAP) e capacidade antioxidante redutor do íon cúprico (CUPRAC). Esses ensaios têm sido amplamente utilizados para a quantificação da capacidade antioxidante de fenólicos em frutos e hortaliças, alguns deles têm como base captar ou sequestrar radicais livres gerados na mistura da reação, outros de reduzir íons metálicos (Fe^{+3} ou Cu^{+2}); ou ainda quantificar produtos da oxidação dos lipídios (substrato lipídico) (DAI; MUMPER, 2010).

Re et al. (1999) propuseram um ensaio espectrofotométrico que, também baseado na captura de radicais, utiliza o radical 2-2'-azinobis-(etilbenzotiazolina-6-sulfonato) – ABTS^{•+}, gerado pela reação com persulfato de potássio, dando origem ao cromóforo de cor verde. Esse radical na presença de um antioxidante é reduzido a ABTS, promovendo descoloração da solução. A aplicabilidade do método tanto em sistemas aquosos quanto lipofílicos justifica sua ampla utilização na literatura (SOARES et al., 2008; CATANEO et al., 2008; PRADO; ARAGÃO; FETT, 2009; SANTOS et al., 2010; CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

2.2.3.3 Enzimas

As enzimas, ou diastases são proteínas globulares solúveis sintetizadas pelos organismos vivos com a finalidade específica de catalisar reações bioquímicas, sem sofrer quaisquer modificações, reduzindo a barreira de energia requerida para a transformação de um reagente em produto (ORDÓNEZ, 2007).

Algumas são constituídas por outro grupamento não protéico denominado núcleo prostético, cofator ou coenzima, imprescindível para a ação catalítica. A fração protéica é chamada de apoenzima e o conjunto ativo apoenzima e núcleo prostético formam a holoenzima. Possuem atividade específica resultante do encaixe estrutural entre o substrato e a enzima, ilustrado por analogia no modelo proposto por Fischer de chave e fechadura (especificidade absoluta). Através do centro ativo, a enzima torna-se capaz de reconhecer, unir-se e orientar o substrato (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

As enzimas de alimentos geralmente podem ser classificadas de dois modos, segundo a sua fonte ou de acordo com a reação que empreendem. Segundo a fonte, essas são classificadas como: exógenas, as que são adicionadas aos alimentos para causar mudanças desejáveis, e endógenas, as que existem em alimentos e que podem ou não ser responsáveis por reações que afetam a qualidade do alimento (ORDÓNEZ, 2007).

De acordo com a reação catalisada, a Comissão de Enzimas da União Internacional de Bioquímica, em 1964, sistematizou as enzimas em: oxirredutases, transferases, hidrolases, liases, isomerases e ligases (JUNIOR; MAYES; RODWELL, 1983).

A avaliação da atividade de algumas enzimas pode ser uma maneira confiável para o monitoramento da qualidade, vida de prateleira, grau de frescor durante o armazenamento ou no acompanhamento do processo de branqueamento, a exemplo das atividades das enzimas polifenoloxidasas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento da atividade dessas podem causar deteriorações sensoriais tais como *off flavor*, descoloração e perda de firmeza (LAMINKANRA, 2002).

As polifenoloxidasas (PPO) atuam sobre compostos fenólicos, causando a sua oxidação à quinonas na presença de O_2 , com escurecimento dos tecidos devido à polimerização ou à sua reação com aminoácidos e proteínas e formam as melanoidinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Diversos estudos identificaram a presença de PPO em cogumelo, pinha, cajá (polpa e casca), caju, maçã, pele de pepino, melão, pêra, pêssego, manga, dentre outros (LIMA; PASTORE; LIMA, 2001; VALDERRAMA; MARANGONI; CLEMENTE, 2001; LAMINKANRA, 2002; TORALLES et al., 2010; GUERRA, 2010; QUEIROZ et al., 2011).

As PPO, juntamente com outras enzimas, como a catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), atuam também como sistemas antioxidantes enzimáticos que protegem as células vegetais do dano oxidativo, mantendo os níveis de espécies ativas de oxigênio sob controle. Tanto a CAT como a APX são enzimas que catalisam a conversão de H_2O_2 à água e O_2 (ABEDI; PAKNIYAT, 2010).

As catalases são enzimas amplamente distribuídas na natureza e estão relacionadas às peroxidases. Essas enzimas por possuírem baixa termoestabilidade são bastante utilizadas como indicadores nos processos de branqueamento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Além dessa função, de acordo com Kluge et al. (2006), a catalase pode também contribuir

para a redução dos danos pelo frio em frutas cítricas submetidas ao aquecimento intermitente com o aumento de sua atividade. Outros autores já identificaram a catalase em frutas como acerola e pitaya amarela (RIVERA; DUARTE; CUENCA, 2006; SILVA; JUNIOR; MIRANDA, 2011; SOUZA et al 2011).

As proteases ou proteinases são termos utilizados em referência às enzimas que hidrolisam proteínas. Essas enzimas são as mais bem caracterizadas em reconhecimento tanto a seu papel vital no sistema digestivo humano como em sua comercialização precoce (datada de 1874). Tais enzimas são aplicáveis na indústria alimentícia com função de coagulação do leite, no processamento de bebidas e principalmente no amaciamento de carnes, a exemplo da papaína do mamão e a bromelina do abacaxi (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDI, T.; PAKNIYAT, H. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Czech Journal of Genetic Plant Breeding**, v. 46, p. 27-34, 2010.

ACHACHA FRUIT MANAGEMENT. 2011. Disponível em: <<http://www.achacha.com.au/thefruit.html>>. Acesso em: 05 junho de 2011.

ALAM, M. S.; HOSSAIN, M. M.; ARA, M. I.; AMUNULLAH, A. S. M.; MONDAL, M. F. Effects of packaging materials and growth regulators on quality and shelf life of papaya. **Bangladesh Research Publications Journal**, v. 3, p. 1052-1061, 2010.

ALMEIDA, A. A. P. **Atividade antimicrobiana de extratos e de compostos fenólicos e nitrogenados do café: avaliação *in vitro* e em modelo alimentar**. 2007. 135 f. Dissertação (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ALMEIDA, E. J. **Clonagem e fenologia de *Dovyalis* sp.** 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

ANGELO, P. M, JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 232-240, 2007.

BARBOSA, E.; ARTIOLI, F. A. **A fruta achachairú**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/achachairu/index.htm>. Acesso em: 22 junho de 2010.

BARBOSA, W.; CHAGAS, E. A.; MARTINS, L.; PIO, R.; TUCCI, M. L. S.; ARTIOLI, F. A. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de achachairu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 263-266, 2008.

BRAZILIAN FRUIT. 2010. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org/Pbr/Fruticultura/Fruticultura.asp>>. Acesso em: 17 janeiro de 2012.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, p. 411-416, 2011.

CAVALCANTE, I. H. L.; JESUS, N.; MARTINS, A. B. G. Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 325-327, 2006.

CATANEO, C. B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 93-102, 2008.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa-MG: Imprensa Universitária, 1993. 31 p.

CHISTÉ, R. C.; FARIA, L. J. G.; LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A. Características físicas e físico-química da casca de mangostão em três períodos da safra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 416-422, 2009.

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

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**, v. 15, p. 7313-7352, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DEACHATHAI, S.; MAHABUSARAKAM, W.; PHONGPAICHIT, S.; TAYLOR, W. C. Phenolic compounds from the fruit of *Garcinia dulcis*. **Phytochemistry**, v. 66, p. 2368-2375, 2005.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FDTA – Trópico Húmedo (Fundación para el desarrollo tecnológico agropecuario y forestal del Trópico Húmedo). **Mejoramiento del sistema de producción, selección y comercialización del cultivo de achachairú**

(*Rheedia spp*) en el municipio de Ayacucho (Porongo), Santa Cruz. 2005. 46p.

GIADA, M. L. R; MANCINI-FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicartio UEPG Ciência Biológicas e da Saúde**, v. 12, p.7-15, 2006.

GUERRA, I. C. S. **Caracterização parcial de enzimas oxidativas e quantificação de compostos fenólicos em frutos de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.) nos estádios de maturação verde e maduro.** Recife. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

HARBORNE, J. B. **Phytochemical methods.** London: Chapman and Hall, 1973. 278p.

HARBORNE, J. B.; BAXTER, H.; MOSS, G. P. **Phytochemical dictionary: handbook of bioactive compounds from plants.** 2nd ed. London: Taylor & Francis; 1999.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure – activity relationship. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.

IBCE – Instituto Brasileiro de Comércio Exterior. **Perfil de mercado: Copoazú y Achachairú.** 2010. Disponível em: <www.ibce.org.bo>. Acesso em: 10 junho de 2011.

JANICK, J.; PAULL, R. E. *Rheedia laterifolia* – Achachairú. In: **The encyclopedia of Fruit & Nuts.** Cambridge, UK: CABI. p. 272-273, 2008.

JUNIOR, D. W. M.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W. **Harper's review of biochemistry.** 19^a ed. California: Lange Medical Publications, 1983. 638p.

KLUGE, R. A.; AZEVEDO, R. A.; JOMORI, M. L. L.; EDAGI, F. K.; JACOMINO, A. P.; GAZIOLA, S. A.; AGUILA, J. A del. et al. Efeitos de tratamentos térmicos aplicados sobre frutas cítricas armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1388-1396, 2006.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables: Science, technology, and market.** Florida: CRC Press. 2002. 467p.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LIMA, E. D. P. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, C. A. A. Purificação da enzima polifenoloxidase (PFO) de polpa de pinha (*Annona squamosa* L.) madura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 98-104, 2001.

LIRA JUNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. E. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 757-761, 2005.

LORENZI, H.; SARTORI, S. F.; BACHER, L. B. E LACERDA, M. T. C. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

NORONHA, M. A.; CARDOSO, E. A.; DIAS, N. S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá *Spondias sp.* provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, p. 91-96, 2000.

NUNES, J. S. **Propagación del achachairú (*Rheedia achachairu* Rusby) por estacas.** 2004. 17f. Monografía (Graduação) – Carrera de Ciencia y Producción Agropecuária, Zamorano, 2004.

OKIEI, W.; OGUNLESI, M.; AZEEZ, L.; OBAKACHI, V.; OSUNSANMI, M.; NKENCHOR, G. The voltammetric and titrimetric determination of ascorbic acid levels in tropical fruits samples. **International Journal Electrochemical Science**, v. 4, p. 276-287, 2009.

ORNELAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 2007. 276p.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. de F.; PERALES, L. de la H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos: componentes de alimento e processos**, v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2007. 294p.

OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4619-4626, 2001.

PRADO, A. C. P.; ARAGÃO, A. M.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de extratos da casca de noz-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch]. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 323-332, 2009.

PINTO, W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, S. C.; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1059-1066, 2003.

QUEIROZ, C.; SILVA, A. J. R.; LOPES, M. L. M.; FIALHO, E.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Polyphenol oxidase activity, phenolic acid composition and browning in cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) after processing. **Food Chemistry**, v. 125, p. 128-132, 2011.

RIVERA, J. A. C.; DUARTE, L. E. B.; CUENCA, C. E. N. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasa de pitahaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*). **Revista Colombiana de Química**, v. 35, n. 1, p. 91-100, 2006.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{•+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruit. **Food Chemistry**, v. 66, p. 401-436, 1999.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; COSTA, J. M. C.; FONSECA, A. V. V. Atividade antioxidante e correlações com componentes bioativos de produtos comerciais de cupuaçu. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1636-1642, 2010.

SHUKLA, S.; MEHTA, A.; JOHN, J.; SINGH, S.; MEHTA, P.; VYAS, S. P. Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of *Caesalpinia bonducella* seeds. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 1848-1851, 2009.

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

SILVA, A. L. B.; JUNIOR, S. D. O.; MIRANDA, M. R. A. Caracterização bioquímicas através de enzimas antioxidantes de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em período de seca e chuva. In: **Anais III Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife, 2011. p. 1-3.

SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E. **Recursos genéticos e melhoramento de fruteiras nativas e exóticas em Pernambuco**. 2008. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/fruteirasnativas.pdf>.> Acesso em: 11 agosto de 2009.

SILVA, T. A.; SOPRANO, E. Avaliação de formas de armazenamento de frutos de bacupari boliviano (*Garcinia humilis* Vhal). In: **XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Natal-RN, 2010.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 59-64, 2008.

SOPRANO, E. **Estação experimental de Itajaí testa fruta exótica**. 2010 Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1529:estacao-experimental-de-itajai-testa-fruta-exotica&catid=34:noticias-epagri&Itemid=51.> Acesso em: 05 março de 2011.

SOPRANO, E.; SILVA, T. A.; KOLLER, O. L.; BENDER, R. J. Bacupari boliviano (*Garcinia humilis* Vahl): uma opção de cultivo para o litoral catarinense. In: **XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Natal-RN, 2010.

SOUZA, K. O.; OLIVEIRA, A. B.; GONDIM, D. M. F.; SILVA, A. L. B.; MIRANDA, M. R. A. Atividade de enzimas envolvidas com o metabolismo secundário de carboidratos e antioxidante em acerola. In: **Anais III Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife, 2011. p. 1-3.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Versão II, 2ª ed. São Paulo: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

TODA FRUTA. **Estação experimental de Itajaí testa fruta exótica**. 2010. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=21732>.> Acesso em: 11 junho de 2011.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. P.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Controle da atividade da polifenoloxidase de pêssogo por interação do pH, da temperatura e da concentração de ácido ascórbico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, p. 120-127, 2010.

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

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, v. 44, p. 14-22, 2011.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Caracterizar qualitativamente os frutos de achachairu provenientes de um plantio comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE.

4.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físicas e físico-químicas dos frutos maduros;
- Quantificar o teor de compostos fenólicos em extrato metanólico e acetônico, ambos à 80%;
- Verificar a capacidade de sequestrar o radical livre ABTS^{•+} nos extratos obtidos;
- Determinar a atividade enzimática na polpa, casca e semente dos frutos.

5. RESULTADOS

Artigo: Caracterização qualitativa dos frutos de achachairu (*Garcinia humilis* (Vahl) C. D. Adam) cultivados em Moreno-PE

RESUMO

Diante do recente interesse comercial das frutíferas exóticas e da necessidade de obtenção de dados para os consumidores e produtores, este estudo objetivou caracterizar os frutos de achachairu (*Garcinia humilis*) provenientes de plantio comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE. Frutos maduros foram utilizados para determinações físicas, composição centesimal, fibras, açúcares, minerais, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e pH. Extratos hidroacetônicos e hidrometanólicos, ambos a 80%, da casca, polpa e semente foram submetidos à quantificação de compostos fenólicos totais e determinação da capacidade de sequestro do radical livre ABTS^{•+}. A atividade enzimática das diferentes partes do fruto também foi avaliada utilizando como solventes a água, tampão fosfato e cloreto de sódio. Com relação às características físicas, o achachairu apresentou rendimento de 31,8% com coeficiente de variação de 12,29%. Quanto à composição química, a semente apresentou destaque nos teores de cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos; a polpa nos valores de açúcares totais e não redutores, enquanto a casca, no conteúdo de açúcares redutores e cálcio. Houve diferença estatística entre as partes do fruto analisadas quanto aos valores de pH, acidez total, sólidos solúveis, e ácido ascórbico. O teor de fenólicos totais da casca em metanol diferiu estatisticamente dos demais, tendo apresentado o maior teor deste fitoquímico (4.137,03mg de EAG 100g⁻¹). Dentre os solventes, a extração dos fenólicos presentes na casca foi mais eficiente com o uso do metanol e, os presentes na polpa, como uso da acetona; enquanto que na semente, ambos os solventes apresentaram capacidade de extração estatisticamente igual (p>0,05). A ação antioxidante da casca em acetona frente ao radical ABTS^{•+} foi superior aos demais solventes extratores e partes do fruto, sendo a polpa em metanol a combinação menos efetiva. Quanto à atividade enzimática, os valores obtidos demonstraram grande variação entre as enzimas, soluções extratoras e as partes do fruto. Desta forma, o consumo do achachairu pode contribuir com nutrientes necessários à dieta humana e, sua casca e semente, podem ser uma alternativa para obtenção de antioxidante natural.

Palavras-chave: características de qualidade; compostos fenólicos; atividade antioxidante; atividade enzimática.

ABSTRACT

Considering the recent commercial interest of exotic fruit and the need to obtain data for consumers and producers, this study aimed to characterize the fruits of achachairu (*Garcinia humilis*) from commercial plantation located in Bonança, district of Moreno-PE. Ripe fruits were used for physical measurements, proximate composition, fiber, sugars, minerals, ascorbic acid, soluble solids, titratable acidity and pH. Extracts hydroacetone and hydromethanolic, both at 80%, of the skin, pulp and seed were submitted to quantification of total phenolic compounds and determination of free radical ABTS^{•+} scavenging activity. The enzymatic activity of the different parts of the fruit was also assessed using solvents such as water, phosphate buffer and sodium chloride. With respect to physical characteristics, the percentage of pulp yield of achachairu was 31.8% with coefficient variation of 12.29%. Regarding to the proximate composition, the seed stood out with higher content of ash, protein, lipid and carbohydrates; the pulp with the values of total sugars and non-reducing sugars, while the skin with the reducing sugars and calcium content. There were statistical differences between the analyzed parts of the fruit for pH, titratable acidity, soluble solids and ascorbic acid. The total phenolic content of skin in methanol statistically differed from the others, and showed the highest level of this phytochemical (EAG 4137.03 mg 100g⁻¹). Among the solvents, the phenols extraction of the skin was more efficient with methanol, on the pulp, was acetone, whereas on the seed, both solvent exhibited statistically similar ($p>0.05$) extraction capacity. The antioxidant activity of skin in acetone against the radical ABTS^{•+} was higher than the other solvents extractors and parts of the fruit, and the pulp in methanol was the less effective combination. For the enzymatic activity, the values obtained showed wide variation between enzymes, extraction solutions and parts of the fruit. Thus, the consumption of achachairu can contribute with nutrients to the human diet, and its skin and seed can be an alternative to obtain natural antioxidant.

Keywords: quality characteristics; phenolics compounds; antioxidant activity; enzymatic activity.

1. INTRODUÇÃO

Os frutos do achachairuzeiro (*Garcinia humilis*), pertencente à família *Clusiaceae* (ex-*Guttiferae*), são amplamente distribuídos em todo o Oriente Boliviano nos estados nativo e semi-cultivado (ARDAYA, 2009). São frutos com polpa branca comestível de sabor agridoce, casca amarela alaranjada (maduro) e com duas sementes (IBCE, 2010). Bastante consumido no mercado local de origem, também é conhecido pelos nomes de bacupari boliviano, chachairú, ibaguazú, cachicheruqui, tapacuarai, ou tatairu (LORENZI *et al.*, 2006; JANICK; PAULL, 2008).

Recentemente introduzida no Brasil, têm-se adaptado bem ao clima e condições de solo favoráveis para o crescimento de muitas espécies tropicais. Há relatos de plantios em São Paulo, Santa Catarina e Pernambuco, além da criação um Banco de Germoplasma na Estação Experimental de Itajaí em Santa Catarina, em 2005 (BARBOSA; ARTIOLI, 2007; SOPRANO, 2010).

O achachairu é um fruto não-climatérico e de safra curta. No Nordeste brasileiro, a sua maturação ocorre entre os meses de fevereiro e abril. Na Bolívia, entretanto, a safra acontece entre novembro e fevereiro, e é por esta razão que nos últimos anos tem havido um interesse no estabelecimento de plantios comerciais da fruta, objetivando a industrialização e exportação (NUNES, 2004; IBCE, 2010).

Apesar de sua importância comercial na agricultura boliviana, onde se realizam festas anuais para promoção da fruta e de seus produtos industrializados, como sucos e doces, ainda é incipiente o acervo de informações e conhecimentos existentes acerca dos aspectos de qualidade da fruta (BARBOSA; ARTIOLI, 2007).

A qualidade dos frutos é atribuída aos caracteres físicos que respondem pela aparência externa, dentre os quais se destacam o tamanho e a forma do fruto, além de um conjunto de atributos referentes à aparência, sabor, odor, textura e valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Essas características por sua vez irão determinar sua aceitação para o consumo *in natura*, assim

como a sua utilização como base para a produção de alimentos, como iogurtes, sorvetes, bolos e pães na indústria alimentícia (CHAVES, 1993).

Os alimentos hortícolas promovem uma ampla variedade de antioxidantes dietéticos, assim como vitamina C e E, carotenóides, flavonóides, e outros compostos fenólicos. Os efeitos aditivos e sinérgicos desses antioxidantes com outros compostos dietéticos, a exemplo dos minerais, podem contribuir com os benefícios da saúde da dieta. Devido a complexidade da composição dos antioxidantes nos alimentos, o estudo de compostos antioxidantes isolados é dispendioso e pode ser de valor limitado, porque a possível interação sinérgica entre os compostos antioxidantes em uma mistura de alimentos não é considerada. É por isso que os ensaios da capacidade antioxidante estão atraindo cada vez mais o interesse no estudo das propriedades antioxidantes de alimentos e dietas (SERRANO; GOÑI; SAURACALIXTO, 2007).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar as características qualitativas de achachairu proveniente de um plantio comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE, além de contribuir na geração de dados para os consumidores e produtores para promoção da valorização comercial da fruta no mercado nordestino.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os frutos de achachairu provenientes diretamente do produtor, com cultivo comercial localizado em Bonança, distrito de Moreno-PE, foram colhidos manualmente durante a safra 2011, no estágio de maturação maduro, com ausência de injúrias mecânicas ou defeitos na casca. Esses foram acondicionados em sacos plásticos e transportados até o Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos (LAFQA) do Departamento de Ciências Domésticas (DCD) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

2.2 Avaliações físicas pós-colheita

A determinação das análises físicas de massa do fruto, da casca e da semente, por meio de balança semi-analítica, foi efetuada utilizando 60 frutos. Os frutos foram pesados individualmente e em seguida descascados manualmente, utilizando uma faca de aço inoxidável. Para a massa da polpa, foi considerada a diferença entre o peso do fruto e o peso da casca somado ao peso da semente. As medidas de espessura da casca, diâmetro longitudinal e transversal de cada fruto foram obtidas com auxílio de paquímetro analógico (FIGURA 1).

▪ **Rendimento da polpa:** Foram utilizados 1,5Kg de frutos para realização do rendimento da polpa, por meio de balança semi-analítica. Para o cálculo do rendimento em percentual, foi utilizada a seguinte expressão:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa da polpa (g)}}{\text{massa total do fruto (g)}} \times 100$$



Figura 1: A: sanitização; B: drenagem; C: pesagem do fruto inteiro; D: medição de diâmetro; E: variabilidade de tamanhos; F: pesagem da casca.

2.3 Avaliações físico-químicas pós-colheita

A determinação da composição centesimal, fibra alimentar, açúcares totais, redutores e não redutores, e minerais foi efetuada na casca, na polpa e na semente dos frutos. Foram utilizadas aproximadamente 850g de frutos os quais permaneceram armazenados sob refrigeração (5°C) até o momento das análises. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Nonete Barbosa Guerra (LEAAL) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

- **Composição centesimal:** A composição centesimal foi determinada segundo metodologia descrita pela AOAC (2002) e os carboidratos calculados por diferença: total de carboidratos = 100 – (g umidade + g proteína + g lipídeos + g cinzas). Esses resultados foram expressos em porcentagem (g 100g⁻¹ da amostra). O valor energético total (V.E.T.) foi calculado utilizando os seguintes fatores de conversão: 9kcal por g de lipídios, 4kcal por g de proteínas

e 4kcal por g de carboidratos digeríveis (g carboidrato por diferença - g fibras) e expresso em Kcal 100g⁻¹ da amostra (GALISA; ESPERANÇA; SÁ, 2008).

- **Fibra alimentar:** Os teores de fibra alimentar foram quantificados utilizando método enzimático gravimétrico (AOAC, 2002).

- **Açúcares totais, redutores em glicose e não redutores em sacarose:** Determinados de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressos em g 100g⁻¹.

- **Minerais:** Determinados de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

As determinações, abaixo descritas, foram realizadas no LAFQA-DCD/UFRPE. No preparo das amostras, as partes do fruto foram separadas utilizando uma faca de inox. A polpa foi manualmente removida da semente, acondicionada em recipientes plásticos escuros, com capacidade de cerca de 30g cada, e armazenada sob congelamento (-18°C), assim como a casca e a semente, para posterior utilização.

- **Ácido ascórbico:** Determinado pelo método titulométrico utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC INTERNATIONAL, 2005), e os resultados foram expressos em mg 100g⁻¹ de amostra.

- **Sólidos solúveis (SS):** Leitura realizada em refratômetro de marca ATAGO (N1), com escala variando de 0 a 32°Brix após filtração da casca, polpa e

semente em papel de filtro (AOAC, 2002) e os resultados foram expressos em °Brix.

- **Acidez titulável (AT):** Segundo metodologia descrita pela AOAC International (2005), utilizando NaOH 0,1M e fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.
- **pH:** Foi determinado diretamente na casca, polpa e semente homogeneizada, utilizando-se um potenciômetro (modelo TEC-5) com membrana de vidro (AOAC, 2002).

2.4 Avaliações bioquímicas pós-colheita

As determinações, abaixo descritas, foram realizadas no LAFQA-DCD/UFRPE. No preparo das amostras, as partes do fruto foram separadas utilizando uma faca de inox. A polpa foi manualmente removida da semente, acondicionada em recipientes plásticos escuros, com capacidade de cerca de 30g cada, e armazenada sob congelamento (-18°C) para posterior utilização. As cascas e as sementes foram desidratadas em estufa de circulação de ar por 24h à 40°C até atingir umidade de 6 e 5%, respectivamente e também armazenadas sob congelamento.

- **Obtenção dos extratos:** Uma amostra de 70g e 30 mL acetona 80% foi mantida sob agitação constante por meio de um agitador magnético durante 20 minutos em ausência de luz, à temperatura ambiente (25±1°C) e em seguida, centrifugada a 4000rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e o resíduo sedimentado foi ressuspenso e submetido ao mesmo processo de extração por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. Os extratos obtidos foram combinados, concentrados sob pressão reduzida a 40°C e o volume aferido para 50mL. Para a obtenção do extrato

hidrometanólico o mesmo procedimento foi realizado utilizando metanol 80%. Em seguida foram acondicionados em recipientes tampados e mantidos sob congelamento (-18°C) até o momento das análises. O processo de extração foi realizado com as diferentes partes do fruto e os extratos obtidos foram utilizados na determinação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante (FIGURA 2).

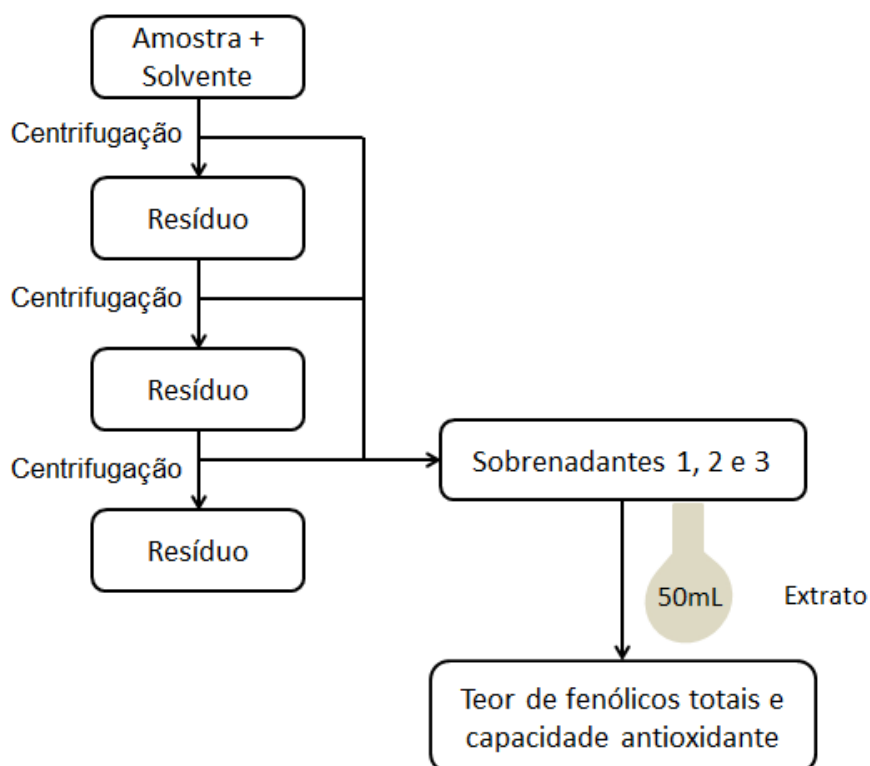


Figura 2: Esquema sequencial da obtenção dos extratos para cada solvente (metanol e acetona).

▪ **Fenólicos totais:** A concentração dos compostos fenólicos totais foi determinada por espectrofotometria utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Merck), segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999), e curva padrão com ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g da amostra.

▪ **Atividade antioxidante (ABTS^{•+}):** A capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-acido sulfônico (ABTS^{•+}) foi determinada segundo o método descrito por Re et al. (1999). O radical ABTS^{•+} foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7μMol) com 2,45mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, foi diluída em etanol até obter uma medida de absorbância de $0,7 \pm 0,05$, em comprimento de onda de 734nm.

Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados a solução do ABTS^{•+}, atingindo concentração final de 1,0; 3,0; e 5,0μg mL⁻¹, e a absorbância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6- hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-acido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox (mMol TEAC.g⁻¹ de fenólicos totais do extrato).

▪ **Atividade enzimática:** As análises enzimáticas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Bioativos do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE. A obtenção do extrato bruto enzimático foi realizada de acordo com metodologia proposta por Pereira (2003) e a quantificação de proteínas solúveis segundo Bradford (1976). A curva padrão foi construída a partir de concentrações conhecidas de BSA (albumina soro bovino) e a leitura foi realizada no comprimento de 595nm.

A atividade da catalase foi realizada segundo metodologia proposta por Havir; Mchale (1987), a atividade da ascorbato peroxidase de acordo com Nakano; Asada (1981), a atividade da polifenoloxidase segundo metodologia proposta por Kar; Mishra (1976) e a atividade da protease de acordo com metodologia descrita por Leighton et al. (1973) e modificada por Alencar et al. (2003). O cálculo da atividade específica das enzimas foi realizado dividindo-se a atividade total pelo conteúdo protéico para cada amostra.

2.5 Análise estatística

Os experimentos foram realizados segundo delineamento experimental inteiramente ao acaso. Todas as determinações foram efetuadas em triplicata e os resultados submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico “Statistica” (versão 5.5, StatSof., Inc., Tulsa, USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas pós-colheita

As características físicas do achachairu maduro encontram-se apresentadas na Tabela 1. Os resultados da massa do fruto, massa da casca e massa da polpa, foram inferiores às médias relatadas por Soprano; Koller (2008), que ao estudarem achachairu cultivado em Santa Catarina encontraram para tais variáveis os valores de 46,3g; 20,1g; 19,14g, respectivamente. Esses autores também relataram maiores médias para o diâmetro longitudinal (53,4mm), diâmetro transversal (41,3mm), razão DL/DT (1,29) e rendimento em polpa (41,5%). Contudo, ao mensurar a massa da semente, esses autores obtiveram uma média de 7,06g, sendo esta inferior ao encontrado neste trabalho.

Tabela 1: Características físicas dos frutos de achachairu maduro provenientes de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011

Parâmetros	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios* \pm desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Massa do fruto (g)	39,62	42,29	40,60 \pm 1,47	3,62
Massa da casca (g)	17,93	19,04	18,37 \pm 0,58	3,18
Massa da semente (g)	7,38	8,89	8,25 \pm 0,78	9,50
Massa da polpa (g)	10,84	14,69	12,94 \pm 1,95	15,06
Diâmetro longitudinal (mm)	47,7	48,3	48,03 \pm 0,31	0,64
Diâmetro transversal (mm)	39,90	40,85	40,23 \pm 0,53	1,33
DL/DT**	1,17	1,20	1,18 \pm 0,02	1,84
Espessura da casca (mm)	3,68	4,15	3,88 \pm 0,25	6,35
Rendimento em polpa (%)	27,36	34,74	31,80 \pm 3,91	12,29

*n = 60 frutos

**DL/DT= Razão diâmetro longitudinal e transversal

No entanto, os resultados apresentados na Tabela 1, foram superiores aos verificados por Barbosa; Artioli (2007) para as médias das características:

massa do fruto (30g), diâmetro longitudinal (45,2mm) e diâmetro transversal (35,8mm). Quanto à espessura da casca, os valores determinados neste trabalho (3,68 a 4,15mm) se encontram dentro da faixa observada pelos autores acima mencionados. O diâmetro longitudinal apresentou amplitude de variação de 47,7mm a 48,3mm, com média de 48,03mm, sendo, portanto, a variável que apresentou a menor variação, com coeficiente de 0,64%. Por outro lado, a massa da polpa apresentou maior variação com percentual de 15,06%.

Lira Junior et al. (2010), ressaltam que um dos atributos de qualidade mais importantes para a comercialização de frutas frescas é o peso, uma vez que, frutos mais pesados e maiores, são mais atrativos aos consumidores. De acordo com Lira Junior et al. (2005), ainda que há um relação direta entre as variáveis peso do fruto e peso da semente. Esta variável influencia diretamente o percentual de rendimento, também considerado um atributo de qualidade, especialmente para os frutos destinados à elaboração de produtos, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias processadoras é de 40%.

Segundo Janick; Paull (2008) o achachairu é constituído, em média, por 40% de polpa, 47% de casca e 12% de sementes. De acordo com os resultados obtidos nesse estudo os frutos apresentaram aproximadamente 31,80% de polpa, 45,25% de casca e 20,32% de sementes. A proporção existente entre casca, polpa e semente é utilizada em algumas frutas como indicativo de rendimento da matéria-prima ou para avaliar o coeficiente de maturação, quando em conjunto com outras características (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Gonzalez-Galan; Cierra (2010), entretanto, ao caracterizar frutos maduros de achachairu oriundos de Porongo na Bolívia, relataram rendimento em polpa de 25,14%, valor inferior ao encontrado nesta pesquisa.

De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), a razão entre os diâmetros longitudinal e o transversal, determina a forma do fruto, logo quando o comprimento for equivalente ao diâmetro, ou seja, a razão for igual a 1, o fruto apresentará a forma arredondada, enquanto que se o diâmetro longitudinal for maior que o transversal, a forma será ovoide. Portanto, a partir da razão entre os DL/DT (1,18), conforme demonstrado na Tabela 1 pode-se constatar que os frutos apresentam a forma ovoide.

3.2 Características físico-químicas pós-colheita

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes à composição dos nutrientes e ao valor energético estimado (expresso em base úmida) para a casca, polpa e semente de achachairu maduro.

Tabela 2: Composição centesimal da casca, polpa e semente de achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011*

Composição Centesimal	Casca	Polpa	Semente
Umidade** (g 100g ⁻¹)	79,14±0,24 ^a	78,95±0,21 ^a	10,82±0,19 ^b
Cinzas (g 100g ⁻¹)	0,66±0,03 ^b	0,24±0,05 ^c	0,75±0,03 ^a
Proteínas (g 100g ⁻¹)	0,72±0,02 ^b	0,48±0,02 ^c	1,46±0,06 ^a
Lipídeos (g 100g ⁻¹)	2,67±0,10 ^b	0,21±0,01 ^c	10,49±0,09 ^a
Carboidratos (g 100g ⁻¹)	16,81±0,18 ^c	20,12±0,21 ^b	35,84±0,01 ^a
Fibra alimentar (g 100g ⁻¹)	7,95±0,15 ^a	1,40±0,10 ^b	n.d.
Valor energético total (Kcal 100g ⁻¹)	62,35±2,14 ^c	78,69±1,23 ^b	406,17±1,09 ^a

*Valores médios ± desvio padrão. Valores na mesma linha com letras iguais não são diferentes significativamente (Tukey, p>0,05).

**Umidade e substâncias voláteis

n.d. – não detectada

Os teores de umidade da casca e da polpa foram estatisticamente iguais, sendo o teor da casca apenas 0,24% maior do que a polpa, resultado similar aos descritos por Ardaya (2009) para frutos bolivianos (80,1 a 83,97g 100g⁻¹). Em estudo com 38 tipos de frutas importadas para Cingapura, Isabelle et al. (2010) encontraram em mangostão (*Garcinia mangostana* L.), fruto do mesmo gênero, um valor de 80,39% de umidade, sendo próximo ao encontrado neste trabalho. A semente apresentou o mais baixo teor de umidade (10,82g 100g⁻¹). Coimbra; Jorge (2011) relataram teores de 4,83; 3,94; 4,97% de umidade em sementes de guariroba, jervivá e macaúba, respectivamente.

Com relação ao conteúdo de cinzas, a semente apresentou maior percentual (0,75g 100g⁻¹) quando comparado com a casca (0,66g 100g⁻¹) e a polpa (0,24g 100g⁻¹). Esses valores corroboram Damodaran; Parkin; Fennema (2010) ao afirmarem que o teor de cinzas de tecidos vegetais varia entre

menos de 0,1% a mais de 4% da matéria fresca. Como esse parâmetro é um indicativo da quantidade de minerais que a amostra possui, logo, é possível inferir que a casca e a semente são fontes importantes desses micronutrientes quando comparado com a polpa.

Dentre os macronutrientes, a proteína foi o menos abundante, exceto na polpa, com destaque para a semente, cuja média foi de $1,46\text{g } 100\text{g}^{-1}$. O valor de proteína encontrado na polpa ($0,48\text{g } 100\text{g}^{-1}$) está dentro da faixa das médias relatadas por Ardaya (2009) em achachairu, cuja variação foi de 0,42 a $0,5\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Com relação à quantidade de lipídeos, a semente apresentou maior valor ($10,49\text{g } 100\text{g}^{-1}$) do que a casca ($2,67\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e a polpa ($0,21\text{g } 100\text{g}^{-1}$). Em estudo com frutos de palma, Coimbra; Jorge (2011) encontraram conteúdo de lipídeos acima de 7,48% na polpa e superior a 45% na semente, indicando que, assim como neste trabalho, as sementes de frutas são mais ricas em lipídeos do que as polpas. A quantidade de proteínas encontrada na polpa ($0,21\text{g } 100\text{g}^{-1}$) situa-se dentro da faixa relatada por Ardaya (2009) cuja variação, na polpa de achachairu, foi de 0,1 e $0,5\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Esses dados corroboram com Philippi (2006) ao afirmar que, embora as frutas sejam fontes de outros nutrientes, como vitaminas, minerais, carboidratos e fibras, contêm pouquíssima quantidade de proteínas e de lipídeos. A exemplo de Jiménez et al. (2011) que analisando maracujá roxo em três diferentes estádios de maturação, relataram variação entre 0,7% e 0,9% de proteína, para os frutos maduros e maduros, respectivamente e 0% de lipídeos.

Os carboidratos, calculados por diferença, foram os mais abundantes macronutrientes, apresentando maior teor na semente (35,84%) do que na polpa (20,12%) e na casca (16,81%). Entretanto, Coimbra; Jorge (2011) ao avaliarem a composição centesimal da polpa e semente de frutos de guariroba, jervá e macaúba, encontraram relação inversa quanto ao conteúdo de carboidratos, com destaque para polpa.

Mesmo com tantas similaridades da composição centesimal com a literatura, fatores como condições climáticas, solo, localização, fertilização, estação do ano, cultivares, entre outros, podem influenciar nas características físico-químicas do vegetal estudado (HARRIS, 1977).

O quantitativo maior de fibras alimentares foi encontrado na casca ($7,95\text{g } 100\text{g}^{-1}$), enquanto na polpa esse teor foi de $1,40\text{g } 100\text{g}^{-1}$. Esses valores foram superiores aos relatados por Ardaya (2009) que em polpa de achachairu bolivianos encontrou valores oscilando de $0,56$ a $1\text{g } 100\text{g}^{-1}$. No entanto, os valores determinados nesse estudo foram mais baixos do que os relatados para outro fruto do mesmo gênero. Em mangostão, Ardaya (2009) relata variações no conteúdo de fibras da polpa entre 5 e $5,1\text{g } 100\text{g}^{-1}$, e Chisté et al. (2009) ao analisarem a casca deste fruto encontraram teores de fibras, em frutos colhidos em diferentes períodos de safra, valores de $28,43$; $24,96$ e $29,12\text{g } 100\text{g}^{-1}$, para início, meio e fim, respectivamente.

O valor energético total da casca ($62,35\text{Kcal}$) foi estatisticamente inferior quando comparado com a polpa ($78,69\text{Kcal}$) e a semente ($406,17\text{Kcal}$). O alto VET da semente é decorrente principalmente da maior representatividade dos conteúdos de carboidratos e lipídios. A polpa, entretanto, apresentou um resultado bastante superior ao obtido por Ardaya (2009), que em polpa de frutos bolivianos relatou valores entre 60 e $63,5\text{Kcal } 100\text{g}^{-1}$ para achachairu, e 60 e $63\text{Kcal } 100\text{g}^{-1}$ para mangostão.

Os teores açúcares totais, açúcares redutores em glicose e não redutores em sacarose quantificados na casca, polpa e na semente de achachairu são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Açúcares totais, açúcares redutores e não redutores da casca, polpa e semente de achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011*

Perfil de açúcares	Casca	Polpa	Semente
Açúcares totais ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$8,78 \pm 0,10^{\text{b}}$	$16,92 \pm 0,18^{\text{a}}$	$2,45 \pm 0,05^{\text{c}}$
Açúcares redutores** ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$7,28 \pm 0,10^{\text{a}}$	$4,93 \pm 0,01^{\text{b}}$	$2,11 \pm 0,11^{\text{c}}$
Açúcares não redutores*** ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$1,43 \pm 0,06^{\text{b}}$	$11,39 \pm 0,17^{\text{a}}$	$0,31 \pm 0,03^{\text{c}}$

*Valores médios \pm desvio padrão. Valores na mesma linha com letras iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

** Açúcares redutores em glicose;

*** Açúcares não redutores em sacarose

Em relação ao teor de açúcares totais, a semente apresentou valor estatisticamente inferior ($2,45\text{g } 100\text{g}^{-1}$) quando comparado com a casca ($8,78\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e a polpa ($16,92\text{g } 100\text{g}^{-1}$). Em frutos silvestres, Barros et al. (2010) relataram valores de açúcares totais variando entre $40,55\text{g } 100\text{g}^{-1}$ para medronho (*Arbutus unedo*) e $26,90\text{g } 100\text{g}^{-1}$ para rosa-mosqueta (*Rosa canina* sl.). Acosta-Montoya et al. (2010) avaliando as características químicas de mirtilo da Costa Rica em três diferentes estádios de maturação evidenciaram grandes variações (55 a 221mg g^{-1}) para o parâmetro de açúcares totais.

Com relação aos açúcares redutores, o teor encontrado na casca foi estatisticamente superior às outras partes analisadas do fruto, com valor de $7,28\text{g } 100\text{g}^{-1}$, enquanto a polpa apresentou $4,93\text{g } 100\text{g}^{-1}$ e a semente apenas $2,11\text{g } 100\text{g}^{-1}$. No entanto, com relação aos açúcares não redutores o teor encontrado na casca foi inferior ($1,43\text{g } 100\text{g}^{-1}$) quando comparado com o teor encontrado na polpa ($11,39\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e superior ao apresentado pela semente ($0,31\text{g } 100\text{g}^{-1}$).

Yilmaz et al. (2009) ao realizar caracterização preliminar de 16 genótipos de 'cornelian cherry' (*Cornus mas* L.), observaram variabilidade nos teores de açúcares redutores, cujos valores foram de 2,81% (genótipo 77-05) a 7,09% (genótipo 77-09). Em casca de mangostão, Chisté et al. (2009) encontraram valores de açúcares redutores de 2,12% (março/2007) e 3,76% (abril/2007). Com relação aos açúcares não redutores, Mattietto; Lopes; Menezes (2010) ao caracterizar polpa de cajá de Belém do Pará relataram valor médio de $0,29\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

Na Tabela 4, encontram-se os teores médios de sódio, potássio, cálcio, fósforo e ferro na casca, polpa e semente de achachairu. Dentre os minerais avaliados os teores de potássio e o fósforo encontrados na semente foram significativamente superiores enquanto que a casca apresentou o mais elevado teor de cálcio ($p>0,05$). No entanto, os teores de minerais sódio e ferro, encontrados na casca e semente não apresentaram diferença ao nível de 5% de significância.

O potássio foi o micronutriente mais abundante em todas as partes do fruto, com valores entre $243,34\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ encontrado na semente e $87\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ na polpa. Santos et al. (2010) em polpa de umbu-cajá provenientes do Recôncavo Sul da Bahia relataram valores, cuja média foi de $44\text{mg } 100\text{g}^{-1}$. O potássio é um elemento largamente distribuído nos alimentos por ser um dos principais cátions (K^+) constituinte essencial das células vegetais (JUNIOR; MAYES; RODWELL, 1983).

Tabela 4: Determinação mineralógica na casca, polpa e semente de achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011*

Minerais	Casca	Polpa	Semente
Sódio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	$28,00 \pm 1,63^a$	$17,80 \pm 3,45^b$	$22,28 \pm 0,30^{ab}$
Potássio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	$194,90 \pm 3,59^b$	$87,00 \pm 4,07^c$	$243,34 \pm 1,70^a$
Cálcio ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	$85,40 \pm 0,41^a$	$0,05 \pm 0,01^c$	$8,26 \pm 0,08^b$
Fósforo ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	$4,50 \pm 0,33^c$	$21,52 \pm 0,28^b$	$44,09 \pm 1,47^a$
Ferro ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	$10,50 \pm 0,69^a$	$2,43 \pm 0,22^b$	$11,88 \pm 1,45^a$

*Média \pm desvio padrão. Valores na mesma linha com letras iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

Dentre os minerais avaliados, o cálcio foi o que apresentou menor teor na semente e na polpa, com valores de $8,26\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e $0,05\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Entretanto, na casca esse mineral foi o segundo mais abundante, apresentando valor médio de $85,40\text{mg } 100\text{g}^{-1}$. Valores superiores de cálcio foram relatados por Ardaya (2009) que encontrou na polpa de achachairu teores de 0,2 a $0,21\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e na polpa de mangostão 0,01 a $0,4\text{mg } 100\text{g}^{-1}$.

O conteúdo de cálcio nos alimentos, por sua vez é bastante diversificado, sendo encontrado em maiores concentrações em alimentos fontes como leite e produtos lácteos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Em polpa de umbu-cajá, Santos et al. (2010) relataram teor médio de $12,25\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, e Gondim et al. (2005) em cascas de frutas maduras,

observaram variações entre 14,69mg 100g⁻¹ (melão) e 478,98mg 100g⁻¹ (tangerina).

O fósforo foi segundo mineral mais abundante na semente (44,09 mg 100g⁻¹) e na polpa (21,52mg 100g⁻¹). O valor encontrado na polpa foi próximo ao valor máximo relatado por Ardaya (2009) que encontrou uma variação de 0,4mg 100g⁻¹ a 20,8mg 100g⁻¹. Entretanto, na casca, esse mineral foi o que apresentou menor conteúdo (4,50 mg 100g⁻¹) quando comparado com os demais minerais avaliados neste estudo.

Com relação ao sódio, na casca, na polpa e na semente, os teores foram de 28,00mg 100g⁻¹; 17,80mg 100g⁻¹ e 22,28mg 100g⁻¹, respectivamente. O teor de sódio encontrado na semente foi estatisticamente igual aos teores da casca e da polpa, sendo esses diferentes entre si. Esses valores estão dentro do intervalo quantitativo exibido pelas cascas de 7 diferentes tipos de frutas maduras cultivadas no Rio Grande do Norte, no qual o melão apresentou 8,54mg 100g⁻¹ e a tangerina 77,76mg 100g⁻¹ deste micronutriente (GONDIM et al., 2005).

O teor de ferro na casca (10,50mg 100g⁻¹) foi estatisticamente semelhante ao encontrado na semente (11,88mg 100g⁻¹), diferindo significativamente ao da polpa. O valor médio encontrado na polpa (2,43mg 100g⁻¹) foi superior ao relatado por Ardaya (2009) em polpa de achachairu (0,21mg 100g⁻¹). Santos et al. (2010), analisando frutos de umbu-cajá, encontraram um valor de ferro de 0,59mg 100g⁻¹, enquanto Gondim et al. (2005) em cascas de frutas maduras, relataram teores que variaram entre 0,71mg 100g⁻¹ (abacaxi) e 4,77mg 100g⁻¹ (tangerina).

A Tabela 5 demonstra os valores médios de pH, de sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável e ácido ascórbico da casca, polpa e semente de achachairu. O valor de pH determinado na polpa (3,78) foi semelhante ao encontrado por Barbosa; Artioli (2007), que relataram um valor próximo a 4. Com relação ao teor de sólidos solúveis, o valor encontrado na polpa (16,4°Brix) foi similar ao relatado por Ardaya (2009), que entre 12 espécies de achachairu avaliadas, o tipo '*selecto*' (*Garcinia humilis*) apresentou o mais alto teor (16,28°Brix). Em estudo com mangostão (*Garcinia mangostana* L.), fruto

do mesmo gênero, Palapol et al. (2009) avaliaram as características físico-químicas e relataram, nos frutos maduros, variação entre 17,2 e 17,9°Brix. No entanto, Cavalcante; Jesus; Martins (2006) ao caracterizar mangostão amarelo (*Garcinia xanthochymus* Hook) de um Banco de Germoplasma do estado de São Paulo, encontraram média de 11,73°Brix com variação entre 10,8 e 12,6°Brix. Valores inferiores aos obtidos neste estudo também foram relatados por Carvalho et al. (2002) ao caracterizar bacuri (*Platonia insignis*), fruto da mesma família (*Clusiaceae*), proveniente do Pará, encontrarem média de 10,2°Brix.

Tabela 5: Determinação de pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez titulável, razão SS/AT e ácido ascórbico da casca, polpa e semente de achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011*

	Casca	Polpa	Semente
pH	3,01±0,08 ^c	3,78±0,27 ^b	4,87±0,01 ^a
°Brix (%)	11,67±1,53 ^b	16,4±0,53 ^a	3,67±0,58 ^c
Acidez titulável** (%)	2,01±0,14 ^a	1,37±0,41 ^a	0,46±0,08 ^b
Razão SS/AT	5,82±0,89 ^b	12,65±3,38 ^a	8,08±1,37 ^{ab}
Ácido Ascórbico (mg 100g ⁻¹)	24,29±3,30 ^a	0,90±0,49 ^b	30,14±2,86 ^a

*Média ± desvio padrão. Valores na mesma linha com letras iguais não são diferentes significativamente (Tukey, p>0,05).

**Acidez titulável em % de ácido cítrico

O teor de acidez titulável encontrado na polpa (1,37%) foi estatisticamente igual ao da casca (2,01%), e mais elevado que o valor médio relatado por Ardaya (2009) em pesquisa do Centro de Investigação de Agricultura Tropical (CIAT) no Departamento de Santa Cruz, cuja média foi de 0,8% para *G. humilis*. Muitos fatores incluindo cultivar/genótipo, altitude, condições ambientais, dentre outras, podem afetar características como o peso, o conteúdo de sólidos solúveis (SS) e a acidez nas espécies de frutíferas (YILMAZ et al., 2009).

A razão SS/AT, por sua vez, é um importante indicativo do sabor, pois relaciona os açúcares e os ácidos do fruto. A relação determinada nesse estudo para a polpa (12,65) foi semelhante ao encontrada em frutos

'Achachairucilo' e 'Achachairu pequeno globoso', cujas médias foram 11,02 e 11,39, respectivamente (ARDAYA, 2009). Palapol et al. (2009), analisando *G. mangostana* L., fruto de mesmo gênero, relataram uma média de 23,7 e, portanto, superior ao encontrada nesse estudo. Entretanto, valores inferiores foram descritos por Cavalcante; Jesus; Martins (2006), que ao analisar *Garcinia xanthochymus* Hook, relataram uma relação SST/ATT média 2,83.

Como demonstra a Tabela 5, pode-se observar que o teor de ácido ascórbico encontrado na semente foi de 30,14mg 100g⁻¹ e na casca foi de 24,29mg 100g⁻¹, cujos valores não apresentaram diferença estatística. No entanto, o teor dessa vitamina encontrado na polpa foi o mais baixo, com valor de 0,90mg 100g⁻¹ ($p < 0,05$).

O conteúdo de ácido ascórbico na polpa foi menor quando comparado com o teor relatado por Ardaya (2009), cujos teores variaram entre 1,1 e 2,4mg 100g⁻¹ em polpa fresca de achachairu, e de 1,1 a 2,0mg 100g⁻¹ em polpa fresca de mangostão. No entanto, Cavalcante; Jesus; Martins (2006) relataram teores superiores em mangostão amarelo, com valor médio de 40,32mg 100g⁻¹. Essa variação no teor de ácido ascórbico pode ser influenciada por vários fatores como diferenças genotípicas, condições climáticas pré-colheita, manejo da cultura, maturidade, métodos de colheita e procedimentos de manipulação pós-colheita (LEE; KADER, 2000).

3.3 Características bioquímicas pós-colheita

O teor de compostos fenólicos presentes nas diferentes partes do fruto variaram entre 104,58mg EAG 100g⁻¹ (polpa em hidrometanol) e 4.137,03mg EAG 100g⁻¹ (casca em hidrometanol), diferindo estatisticamente conforme demonstra a Tabela 6.

De acordo com avaliação quantitativa do teor de fenólicos totais em 17 frutas do Equador, Vasco; Ruales; Kamal-Eldin (2008) categorizaram-nas em 3 grupos: baixo, intermediário e alto, sendo o primeiro com valores abaixo de 100mg EAG 100g⁻¹, o segundo entre 100-500mg EAG 100g⁻¹ e o terceiro acima

de 1.000mg EAG 100g⁻¹. Desta forma, comparando os dados obtidos neste estudo com essa classificação, pode-se inferir que a casca e a semente fazem parte do terceiro grupo, com elevada concentração de fenólicos, enquanto que a polpa pertence ao segundo grupo, nível intermediário desses fitoquímicos.

Tabela 6: Polifenóis totais em diferentes partes do achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011 extraídos com solvente hidrometanólico e hidroacetônico*

Partes do fruto	Fenólicos Totais (mg EAG 100g ⁻¹)**	
	Hidrometanólico	Hidroacetônico
Casca	4.137,03±270,64 ^{A, a}	3.535,57±193,15 ^{B, a}
Polpa	104,58±40,03 ^{B, c}	264,43±44,81 ^{A, c}
Semente	1.758,33±164,52 ^{A, b}	1.992,13±160,21 ^{A, b}

*Média ± desvio padrão.

**mg de equivalente de ácido gálico em 100g de amostra.

Valores na mesma linha com letras maiúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, p>0,05).

Valores na mesma coluna com letras minúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, p>0,05).

Em mangostão, fruto do mesmo gênero *Garcinia*, Isabelle et al. (2010) relataram teor de 269mg EAG 100g⁻¹, enquanto Patthamakanokporn et al. (2008), um valor de 85,0mg EAG 100g⁻¹; sendo este último, menor do que todos valores obtidos nas combinações de solvente e partes do fruto avaliados neste estudo. Valores inferiores também foram relatados por Rufino et al. (2010), em frutos tropicais do Brasil, a exemplo de bacuri, cajá e umbu, com valores de 23,8mg EAG 100g⁻¹, 72,0mg EAG 100g⁻¹ e 90,4mg EAG 100g⁻¹ (matéria fresca) respectivamente. Contreras-Calderón et al. (2011) ao estudarem 24 frutas colombianas quanto o teor de fenólicos observaram que 15 delas exibiram teores entre 15,7mg EAG 100g⁻¹ (*cassabanana*) e 97mg EAG 100g⁻¹ (*algarrobo*).

Concentrações superiores foram relatados por Mertz et al. (2007), que ao avaliar espécies de mirtilo da Costa Rica e Equador relataram variação entre 4.250mg EAG 100g⁻¹ para *R. adenotrichus* e 6.300mg 100g⁻¹ para *R. glaucus* (matéria seca). Elevados teores destes compostos também foram relatados por Barros et al. (2010) ao caracterizar frutas silvestres (8.340mg

EAG 100g^{-1} a $14.317\text{mg EAG } 100\text{g}^{-1}$, em “*blackthorn*” e rosa-mosqueta, respectivamente).

Os resultados de teor fenólicos (Tabela 6) permitem afirmar que sob as condições estudadas, a casca e a semente apresentaram elevado teor desses fitoquímicos, corroborando assim com Soong; Barlow (2004) que ao avaliar o conteúdo de fenólicos em polpa e semente de jaca, manga, abacate, *longan* e tamarindo, evidenciaram que as sementes exibiram quantidades de fenólicos mais elevadas do que as polpas de todas as frutas.

A extração de compostos fenólicos é influenciada pela solubilidade desses polifenóis no solvente que é utilizado no processo. Além disso, a polaridade do solvente desempenha papel fundamental no aumento da solubilidade dessas substâncias, bem como o grau de polimerização e a interação com outros constituintes (NACZK; SHAHIDI, 2006). Sendo assim, no processo de extração foram utilizados solventes orgânicos com grau de polaridade diferentes, de modo a verificar a eficiência individual desses diante das partes dos frutos analisadas (Tabela 6).

Dentre os solventes utilizados observa-se que quando comparados entre si, o metanol foi mais eficiente na extração dos fenólicos na casca e a acetona na polpa ($p>0,05$), enquanto que na semente, ambos os solventes foram estatisticamente iguais na capacidade de extração.

Segundo Alothman; Bhat; Karim (2009), não existe um procedimento padrão para a extração de todos os fenóis em frutas e hortaliças. Entretanto, solventes como metanol, etanol, acetona, propanol, acetato de etila e dimetilformamida em diferentes concentrações em água, são bastante utilizados na extração de compostos fenólicos (ANTOLOVICH et al., 2000; LUTHRIA; MUKHOPADHYAY; KRIZEK, 2006).

A Figura 3 mostra a capacidade antioxidante da casca, polpa e semente de achachairu determinada em equivalente de Trolox ($\mu\text{Mol TEAC g}^{-1}$ de amostra) utilizando o ensaio de ABTS^{•+} utilizando os extratos hidroacetônico e hidrometanólico. Evidencia-se que a ação antioxidante foi estatisticamente

diferenciada com variabilidade de $0,79\mu\text{Mol TEAC g}^{-1}$ (polpa em hidrometanol) a $119,19\mu\text{Mol TEAC g}^{-1}$ (casca em hidroacetona).

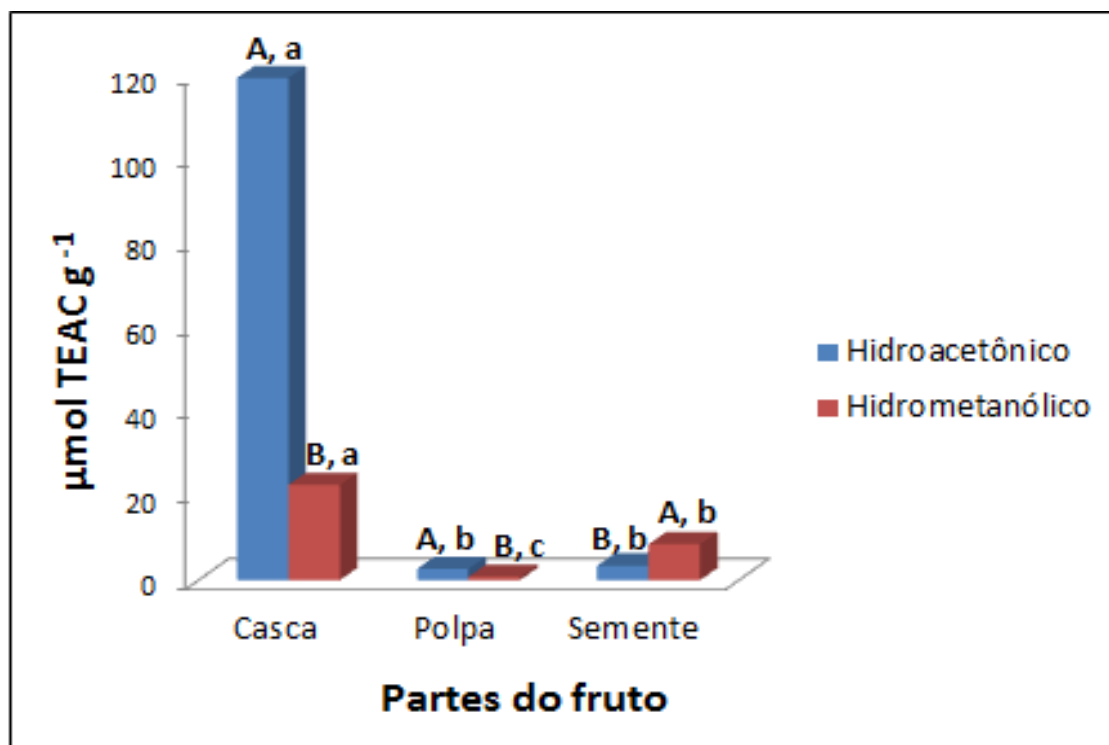


Figura 3: Capacidade de sequestro do radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ de extratos hidroacetônico e hidrometanólico em diferentes partes do achachairu maduro proveniente de cultivo comercial de Bonança-PE, safra 2011.*

*Valores referentes à média de três determinações expressos em $\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$: micromol atividade antioxidante em equivalente de Trolox por grama de amostra.

Valores na mesma parte do fruto com letras maiúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

Valores no mesmo tipo de extrato com letras minúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

Rufino et al. (2010) em matéria fresca de bacuri não detectaram atividade antioxidante frente ao radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$, entretanto, ao avaliar em base seca o fruto exibiu $18,1\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ de amostra. Serrano; Goñi; Saura-Calixto (2007) ao avaliarem cinco grupos de alimentos (cereais, legumes, nozes, frutas e leguminosas), verificaram que o grupo das frutas revelou a segunda maior atividade antioxidante com média $10,2\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ demonstrando assim a importância dos compostos bioativos presentes nesses alimentos. García-Alonso et al. (2004) analisaram a ação antioxidante de 28 frutas da Espanha e verificaram uma grande amplitude nos resultados encontrados entre $1\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ e $406\mu\text{mol TEAC g}^{-1}$ em abacate e caqui, respectivamente.

Conforme dos dados apresentados na Figura 3, pode-se inferir que entre as partes do fruto, independente do solvente utilizado na extração, todas exibiram atividades antioxidantes estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$). Entretanto, ao avaliar os solventes (hidroacetônico e hidrometanólico), observa-se que a polpa e semente apresentaram resultados iguais com o extrator hidroacetônico, enquanto que no hidrometanólico todas as partes do fruto foram diferentes ao nível de 5% de significância.

Mesmo a casca em hidrometanol tendo se destacando como a amostra com maior prevalência de fenólicos totais ($4.137,03 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$), essa apresentou baixa eficiência antirradicalar pelo método ABTS^{•+}. Esse resultado pode estar relacionado com a presença de outras substâncias ligadas aos fitoquímicos, reduzindo assim a sua atividade ou pelo fraco poder desses compostos de acordo com sua estrutura molecular, já que o método Folin-Ciocalteu mesmo sendo amplamente aceito, não é específico em sua determinação (GARCÍA-ALONSO et al., 2004; WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999).

Na Tabela 7 estão demonstrados os resultados da atividade enzimática das diferentes partes do achachairu nos extratores água, tampão fosfato e cloreto de sódio. Os valores obtidos demonstram a existência de diferenças no que concerne ao quantitativo de enzimas extraídas de acordo com o solvente utilizado e a parte do fruto analisada.

Lima; Pastore; Lima (2001) em estudo com pinha em dois estádios de maturação, verificaram que nas amostras de casca, tanto do fruto verde como do fruto maduro, a maior extração ocorreu quando a água foi utilizada como solução extratora, seguida do tampão fosfato; enquanto que na polpa houve diferença de extração, sendo mais eficiente a água no fruto verde e o tampão fosfato no fruto maduro.

Com relação à atividade da catalase, a água foi o solvente mais efetivo, pois os valores obtidos de todas as partes do fruto ($2.058,20 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $859,02 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; $2.342,80 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, em casca, polpa e semente, respectivamente) foram significativamente maiores quando comparado aos demais solventes, exceto o valor encontrado na polpa,

quantificado em cloreto de sódio, que não diferiu estatisticamente. Dentre as partes do fruto estudadas observa-se que a atividade enzimática da catalase foi maior na semente em todas as soluções extratoras, sem, contudo, ter diferido estatisticamente da casca em água e cloreto, e da polpa, em cloreto.

Tabela 7: Atividade enzimática específica da casca, polpa e semente do achachairu em diferentes extratores*

Extratores	Partes do fruto		
	Casca	Polpa	Semente
<i>Catalase</i>			
Água	2058,20±342,60 ^{A, a}	859,02±248,59 ^{A, b}	2342,80±517,16 ^{A, a}
Tampão fosfato	217,95±40,72 ^{C, b}	286,28±72,39 ^{B, b}	575,01±138,78 ^{B, a}
Cloreto de sódio	1081,80±226,78 ^{B, a}	779,61±65,67 ^{A, a}	1195,80±179,65 ^{B, a}
<i>Ascorbato</i>			
<i>Peroxidase</i>			
Água	371,60±58,76 ^{A, c}	1893,50±106,83 ^{A, a}	915,00±87,87 ^{B, b}
Tampão fosfato	206,10±10,12 ^{B, b}	973,04±348,01 ^{B, a}	493,81±135,51 ^{C, ab}
Cloreto de sódio	203,24±36,68 ^{B, c}	585,60±64,17 ^{B, b}	2603,60±131,11 ^{A, a}
<i>Polifenoloxidase</i>			
Água	2,53±0,15 ^{B, b}	14,56±2,72 ^{A, a}	7,56±1,10 ^{B, b}
Tampão fosfato	3,31±0,20 ^{A, a}	6,52±3,03 ^{B, a}	5,08±0,73 ^{B, a}
Cloreto de sódio	1,74±0,07 ^{C, b}	5,42±0,46 ^{B, b}	15,71±2,74 ^{A, a}
<i>Protease</i>			
Água	212,70±22,13 ^{B, b}	264,54±4,94 ^{A, b}	1096,30±170,63 ^{A, a}
Tampão fosfato	99,20±9,91 ^{C, c}	157,82±22,42 ^{B, b}	304,73±21,97 ^{B, a}
Cloreto de sódio	456,12±29,52 ^{A, b}	224,83±68,68 ^{A, c}	1356,50±32,28 ^{A, a}

*Média ± desvio padrão.

Catalase expressa em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; Ascorbato peroxidase expressa em $\mu\text{mol AsA mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$; Polifenoloxidase e Protease expressas em U mg^{-1} .

Valores na mesma coluna com letras maiúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

Valores na mesma linha com letras minúsculas iguais não são diferentes significativamente (Tukey, $p > 0,05$).

Souza et al. (2011) ao avaliar a atividade enzimática de frutos maduros de clone de aceroleira da Estação Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical do Ceará, relataram que a atividade da catalase foi de $0,305\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, sendo este resultado inferior a todas as combinações de extratores e partes do fruto quantificadas neste trabalho. Valores inferiores também foram relatados por Silva; Junior; Miranda (2011), que caracterizando enzimas de clones de acerola em períodos de seca e chuva provenientes do mesmo local do estudo acima mencionado, observaram variação entre $0,00072$ e $0,00861\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ para a atividade da catalase.

A atividade enzimática da ascorbato peroxidase, quantificada no extrato aquoso, foi estatisticamente superior às demais soluções extratoras em todas as partes do fruto, exceto na semente que apresentou a maior atividade em cloreto de sódio ($2.603,60\mu\text{mol AsA mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$). Ao comparar as diferentes partes do fruto constata-se que essa enzima exibiu maior atividade na polpa em água ($1.893,50\mu\text{mol AsA mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) e em solução tampão fosfato ($973,04\mu\text{mol AsA mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$). No entanto, na semente e, quantificada em cloreto de sódio, a ascorbato peroxidase exibiu atividade estatisticamente superior que as demais partes do fruto.

Os resultados obtidos neste estudo para ascorbato peroxidase foram mais elevados do que os descritos por Silva; Junior; Miranda (2011) em clones de acerola ($0,000163$ a $0,000526\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) e por Souza et al. (2011) também em acerola ($0,000428\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

Na Tabela 7, observa-se que, a polifenoloxidase, quando comparada a protease, apresentou os mais baixos valores de atividade, independente das soluções extratoras ou das partes do fruto. Quando comparada as soluções extratoras, evidencia-se a maior atividade dessa enzima ($p < 0,05$), quantificada em água foi na polpa ($14,56\text{U mg}^{-1}$); quantificada em tampão fosfato, na casca ($3,31\text{U mg}^{-1}$) e em cloreto de sódio, na semente ($15,71\text{U mg}^{-1}$). Nas diferentes partes do fruto, a atividade dessa enzima, quantificada em tampão fosfato, não apresentou diferença significativa. Entretanto, nas outras soluções extratoras, sua maior atividade também foi na polpa, quantificada em água e, na semente, quantificada em cloreto de sódio ($p < 0,05$).

Troiani; Tropiane; Clemente (2003) ao avaliar atividade enzimática da peroxidase (POD) e da polifenoloxidase (PPO) em extratos preparados a partir da casca e da polpa das cultivares de uvas Rubi, Borbon e Benitaka relataram valores inferiores aos encontrados neste estudo. Nas cultivares Rubi e Benitaka, a atividade da POD foi maior na casca (0,00053U mg⁻¹ e 0,00327U mg⁻¹, respectivamente) do que na polpa (0,0000767U mg⁻¹, e 0,00044U mg⁻¹, respectivamente). No entanto, na cultivar Borbon, a atividade dessa enzima foi o inverso; 0,00141U mg⁻¹ encontrada na polpa e 0,000115U mg⁻¹ na casca. Com relação à atividade da PPO determinada na polpa da cultivar Borbon, o valor foi de 0,0010018U mg⁻¹ e na casca, de 0,001026U mg⁻¹; enquanto que na cultivar Rubi e Benitaka os valores foram 0,000604U mg⁻¹ e 0,0004862U mg⁻¹ na polpa; e 0,0001740U mg⁻¹ e 0,0002620U mg⁻¹ na casca, respectivamente.

Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, Guerra (2010) em três genótipos de cajá nos estádios verde e maduro verificou que, exceto em frutos verdes de um genótipo, a atividade da polifenoloxidase apresentou maior valor na casca do que na polpa.

A atividade da protease, quantificada em cloreto de sódio e em água, foi estatisticamente superior quando comparada ao tampão fosfato. Os valores dessa a atividade, embora não tenham diferido estatisticamente, em cloreto de sódio e em água foram mais elevados na semente (1.356,50U mg⁻¹ e 1.096,30 U mg⁻¹) e na polpa (224,83U mg⁻¹ e 264,54U mg⁻¹). Com relação às partes do fruto, a atividade da protease, foi maior na semente em todas as soluções extratoras testadas ($p < 0,05$).

4. CONCLUSÃO

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, os resultados obtidos permitem concluir que:

- A casca do achachairu maduro representa o maior percentual em relação à massa total do fruto, alcançando uma média de 45,2% e que a polpa, parte comestível, contribui apenas com cerca de $\frac{1}{3}$ do peso total do fruto. A relação entre o diâmetro longitudinal e o transversal demonstrou que os frutos avaliados apresentaram formato ovoide;
- Quanto à composição centesimal e fibras, os resultados revelaram que o conteúdo de fibras dietéticas foi superior na casca do que na polpa, e que o valor calórico da semente foi devido ao alto teor de carboidratos e lipídeos;
- A polpa foi superior às demais partes em relação ao perfil de açúcares, com destaque para os açúcares totais e não redutores;
- A casca e a semente demonstraram ser apreciáveis fontes de minerais, principalmente de cálcio e potássio, respectivamente;
- As características físico-químicas revelaram um fruto de polpa doce e de baixa acidez;
- O teor de fenólicos variou em função do solvente extrator e da parte do fruto avaliada, com destaque para casca em hidrometanol que exibiu o maior teor deste fitoquímico;
- Com relação à ação antioxidante frente ao radical ABTS^{•+}, a casca em solvente hidroacetônico foi superior aos demais, podendo ser considerado uma alternativa para obtenção de antioxidante natural;
- Quanto à atividade enzimática, os valores obtidos demonstraram grande variação entre as enzimas, soluções extratoras e as partes do fruto.

5. REFERÊNCIAS

ACOSTA-MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PÉREZ, A. M.; CASTRO, M. V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schlttdl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1497-1501, 2010.

ALENCAR, R. B.; BIONDI, M. M.; PAIVA, P. M. G.; VEIRA, V. L. A.; CARVALHO JR, L. B.; BEZEERRA, R. S. Alkaline proteases from digestive tract of four tropical fishes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, p. 279-284, 2003.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v. 115, p. 785-788, 2009.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.; ROBARDS, K.; RYAN, D. Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. **Analyst**, v. 125, p. 989-1009, 2000.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of AOAC International**, 17th ed., Washington: AOAC International, 2002.

AOAC INTERNATIONAL – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**, 18th ed., Gaithersburg: AOAC International, 2005.

ARDAYA, B. D. **El cultivo de achachairu *Garcinia humilis***: manual de recomendaciones. Centro de Investigación Agrícola Tropical, 2009. 101p.

BARBOSA, E.; ARTIOLI, F. A. **A fruta achachairú**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/achachairu/index.htm>. Acesso em: 22 junho de 2010.

BARROS, L.; CARVALHO, A. M.; MORAIS, J. S.; FERREIRA, I. C. F. R. Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterization in nutrients

and phytochemicals with antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 247-254, 2010.

BRADFORD M. M. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

CARVALHO, J. E. U. de; ALVES, S. de M.; NASCIMENTO, W. M. O. do; MÜLLER, C. H. Características físicas e químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) sem sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 573-575, 2002.

CAVALCANTE, I. H. L.; JESUS, N.; MARTINS, A. B. G. Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 325-327, 2006.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa-MG: Imprensa Universitária, 1993. 31p.

CHISTÉ, R. C.; FARIA, L. J. G.; LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A. Características físicas e físico-química da casca de mangostão em três períodos da safra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 416-422, 2009.

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

COIMBRA; M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits, **Food Research International**, v. 44, p. 2139-2142, 2011.

CONTRERAS-CALDERÓN; CALDERÓN-JAIMES; GUERRA-HERNÁNDEZ; GARCÍA-VILLANOVA. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, p. 2047-2053, 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

GALISA, M. S.; ESPERANÇA, L. M. B.; SÁ, N. G. **Nutrição** - conceitos e aplicações. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2008. 258p.

GARCÍA-ALONSO, M.; PASCUAL-TERESA, S. de; SANTOS-BUELGA, C.; RIVAS-GONZALO, J. C. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v. 84, p. 13-18, 2004.

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**, v. 25, p. 825-827, 2005.

GONZALEZ-GALAN, A.; CIERRA, Y. A. Características físicas e química da porção não comestível do achachairu (*Garcinia humilis* Vahl). In: **Anais XXII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Salvador, 2010. p. 304.

GUERRA, I. C. S. **Caracterização parcial de enzimas oxidativas e quantificação de compostos fenólicos em frutos de três genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.) nos estádios de maturação verde e maduro**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

HARRIS, R. S. Effects of agricultural practices on foods of plant origin. In: HARRIS, R. S.; KARMAS, E. **Nutritional evaluation of food processing**. Connecticut: The Avi Publishing Company, 1977. 670p.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and development characterization of multiples forms of catalase in tobacco-leaves. **Plant Physiology**, v. 84, p. 450-455, 1987.

IBCE – Instituto Brasileiro de Comércio Exterior. **Perfil de mercado: Copoazú y Achachairú**. 2010. Disponível em: <www.ibce.org.bo>. Acesso em: 10 junho de 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo - Brasil). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª ed. Brasília (DF): ANVISA, 2005.

ISABELLE, M.; LEE, B. L.; LIM, M. T.; KOH, W. P.; HUANG, D.; ONG, C. N. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chemistry**, v. 123, p. 77-84, 2010.

JANICK, J.; PAULL, R. E. *Rheedia laterifolia* – Achachairú. In: **The encyclopedia of Fruit & Nuts**. Cambridge, UK: CABI. p. 272-273, 2008.

JIMÉNEZ, A. M.; SIERRA, C. A.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J.; OSORIO, C. Physicochemical characterization of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. **Food Research International**, v. 44, p. 1912-1918, 2011.

JUNIOR, D. W. M.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W. **Harper's review of biochemistry**. 19th ed. California: Lange Medical Publications, 1983. 638p.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, p. 315-319, 1976.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LEIGHTON, T. J.; DOI, R. H.; WARREN, R. A. J.; KELLN, R. A. The relationship of serine protease activity to RNA polymerase modification and sporulation in *Bacillus subtilis*. **Journal of Molecular Biology**, v. 76, p. 103-122, 1973.

LIMA, E. D. P. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, C. A. A. Extração e atividade da enzima polifenoloxidase em diferentes partes da pinha (*Annona squamosa* L.) nos estádios de maturação verde e maduro. **Agropecuária Técnica**, v. 22, p. 33-43, 2001.

LIRA JUNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; MOURA, R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueira na Zona da Mata Norte de Pernambuco, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 43-48, 2010.

LIRA JUNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. E. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 757-761, 2005.

LORENZI, H.; SARTORI, S. F.; BACHER, L. B. E.; LACERDA, M. T. C. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640p.

LUTHRIA, D.; MUKHOPADHYAY, S.; KRIZEK, D. Content of total phenolics and acids phenolic in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p.771-777, 2006.

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

MERTZ, C.; CHEYNIER, V; GÜNATA, Z.; BRAT, P. Analysis of phenolic compounds in two blackberry species (*Rubus glaucus* and *Rubus adenotrichus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ion trap mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 8616-8624, 2007.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p.1523-1542, 2006.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, p. 1068-1072, 1981.

NUNES, J. S. **Propagación del achachairú (*Rheedia achachairu* Rusby) por estacas**. 2004. 17f. Monografía (Graduação) – Carrera de Ciencia y Producción Agropecuária, Zamorano, 2004.

PALAPOL, Y.; KETSA, S.; STEVENSON, D.; COONEY, J. M.; ALLAN, A. C.; FERGUSON, I. B. Colour development and quality of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit during ripening and after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 349-353, 2009.

PATTHAMAKANOKPORN, O.; PUWASTIEN, P.; NITITHAMYONG, A.; SIRICHAKWAL, P. P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 241-248, 2008.

PEREIRA, A. M. **Purificação e caracterização da peroxidase do taperebá (*Spondias lutea* L.)**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**, 2ed, Barueri: Manole, 2006. 402p.

RE, R.; PELEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS^{•+} radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

RUFINO, M. da S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANICINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SANTOS, M. B. dos; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. de O.; CONCEIÇÃO, M. do N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1089-1097, 2010.

SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. **Food Research International**, v. 40, p. 15-21, 2007.

SILVA, A. L. B.; JUNIOR, S. D. O.; MIRANDA, M. R. A. Caracterização bioquímicas através de enzimas antioxidantes de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em período de seca e chuva. In: **Anais III Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife, 2011. p. 1-3.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, p. 411-417, 2004.

SOPRANO, E. **Estação experimental de Itajaí testa fruta exótica**. 2010. Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1529:estacao-experimental-de-itajai-testa-fruta-exotica&catid=34:noticias-epagri&Itemid=51.> Acesso em: 05/03/11.

SOPRANO, E.; KOLLER, O. L. Avaliação de frutos de espécies frutíferas tropicais com potencial para cultivo em Santa Catarina. In: **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Vitória-ES, 2008.

SOUZA, K. O.; OLIVEIRA, A. B.; GONDIM, D. M. F.; SILVA, A. L. B.; MIRANDA, M. R. A. Atividade de enzimas desenvolvidas com o metabolismo secundário de carboidratos e antioxidante em acerola. In: **Anais III Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Recife, 2011. p. 1-3.

TROIANI, E. P.; TROPIANI, C. T.; CLEMENTE, E. Peroxidase (POD) and polyphenoloxidase (PPO) in grape (*Vitis vinifera* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 635-642, 2003.

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

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen derived free radicals. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 47, p.1801-1812, 1999.

YILMAZ, K. U.; ERCISLI, S.; ZENGIN, Y.; SENGUL, M. KAFKAS, E. Y. Preliminary characterisation of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes for their physico-chemical properties. **Food Chemistry**, v. 114, p. 408-412, 2009.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que foram desenvolvidos os experimentos, os resultados obtidos permitem concluir que:

- A casca do achachairu maduro representa o maior percentual em relação à massa total do fruto, alcançando uma média de 45,2% e que a polpa, parte comestível, contribui apenas com cerca de $\frac{1}{3}$ do peso total do fruto. A relação entre o diâmetro longitudinal e o transversal demonstrou que os frutos avaliados apresentaram formato ovoide;
- Quanto à composição centesimal e fibras, os resultados revelaram que o conteúdo de fibras dietéticas foi superior na casca do que na polpa, e que o valor calórico da semente foi devido ao alto teor de carboidratos e lipídeos;
- A polpa foi superior às demais partes em relação ao perfil de açúcares, com destaque para os açúcares totais e não redutores;
- A casca e a semente demonstraram ser apreciáveis fontes de minerais, principalmente de cálcio e potássio, respectivamente;
- As características físico-químicas revelaram um fruto de polpa doce e de baixa acidez;
- O teor de fenólicos variou em função do extrato e da parte do fruto avaliada com destaque para extrato hidrometanólico da casca que exibiu o maior teor deste fitoquímico;
- Com relação à ação antioxidante frente ao radical ABTS^{•+}, a casca em solvente hidroacetônico foi superior aos demais, podendo ser considerado uma alternativa para obtenção de antioxidante natural;
- Quanto à atividade enzimática, os valores obtidos demonstraram grande variação entre as enzimas, soluções extratoras e as partes do fruto.

No entanto, ainda são necessários estudos futuros para uma avaliação mais detalhada sobre outros aspectos, a exemplo da identificação de compostos fenólicos presentes no achachairu e sua ação antioxidante frente a outros métodos, assim como uma análise sob diferentes condições inibitórias para inativação enzimática.