



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DO FRUTO DE *Couepia bracteosa*  
Benth (CHRYSOBALANACEAE), UMA ESPÉCIE SUBUTILIZADA DA AMAZÔNIA**

**LAIS TATIELE MASSING**

**Santarém, Pará**  
**Dezembro de 2016.**

**LAIS TATIELE MASSING**

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DO FRUTO DE *Couepia bracteosa*  
Benth (CHRYSOBALANACEAE), UMA ESPÉCIE SUBUTILIZADA DA AMAZÔNIA

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> ROSA HELENA VERAS MOURÃO

COORIENTAÇÃO: DR<sup>a</sup> LEONEIDE ÉRICA MADURO BOUILLET

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biociências.

**Área de concentração:** Fisiologia Geral.

**Linha de pesquisa:** Biologia Experimental.

**Santarém, Pará.  
Dezembro de 2016.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIB/UFOPA**

**M418c** Massing, Lais Tatiele  
Características físico-químicas da polpa do fruto de *Couepia bracteosa* Benth (Chrysobalanaceae), uma espécie subutilizada da Amazônia / Lais Tatiele Massing. – Santarém, 2016.  
88 f. : il.  
Inclui referências bibliográficas.

Orientadora Rosa Helena Veras Mourão; co-orientadora Leoneide Érica Maduro Bouillet.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará. Programa de Pós-graduação em Biociências. Santarém, 2016.

1. Crisobalanácea – Amazônia. 2. Pajurá. 3. Alimentos – Composição. I. Mourão, Rosa Helena Veras, orient. II. Bouillet, Leoneide Érica Maduro, co-orient. III. Título.


CDD: 23.ed. 583.7309811

**Bibliotecário-documentalista: Rogério Aoyama CRB 2/1506**

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA POLPA DO FRUTO DE  
*Couepia bracteosa* BENTH. (CHRYSOBALANACEAE), UMA ESPÉCIE  
SUBUTILIZADA DA AMAZÔNIA

Aluna: Lais Tatiele Massing

Esta dissertação foi julgada aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Biociências, nível mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 16 de dezembro de 2016.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Guilherme Augusto Barros Conde – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Coordenador do PPGBO.

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos professores:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Kariane Mendes Nunes – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Examinadora 01

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Bezerra de Oliveira – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Examinador 02

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Rosa Helena Veras Mourão – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Leoneide Érica Maduro Boufflet – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Coorientadora

Santarém, dezembro de 2016.

## DEDICATÓRIA



*Ao meu namorado e melhor amigo Agnaldo Tremea, pelo incentivo e apoio.  
A minha família, em especial aos meus pais Claudete e Erenio, pelo amor e carinho.*

## AGRADECIMENTOS

A minha **Família** pelo amor, carinho, apoio e incentivo que foram imprescindíveis durante esta trajetória.

Ao meu namorado **Aginaldo Tremea** por me mostrar novos horizontes. Por estar presente e dividir cada momento dessa jornada. Seu carinho, paciência, incentivo, companhia, amor e amizade foram fundamentais. Obrigada por acreditar em meu potencial e por fazer do meu sonho o nosso sonho!

À Professora Dr<sup>a</sup>. **Rosa Helena Veras Mourão**, mais que orientadora, tornou-se uma grande amiga pela qual tenho muito carinho, admiração e respeito. Seus ensinamentos foram essenciais para meu crescimento profissional e pessoal. Sua dedicação e amor pela Ciência nos contagiam e motivam a continuar e inovar sempre.

A minha coorientadora Dr<sup>a</sup>. **Leoneide Érica Maduro Bouilliet** pela amizade, incentivo, momentos de descontração e principalmente pelos valiosos ensinamentos. Seu apreço pela pesquisa e educação inspira a busca pelo conhecimento.

À **família científica do Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental (LabBBex)**, em especial **Francilene Alves, Alyne Teixeira** e minha querida amiga **Regiane Bernardes** pelo apoio durante o trabalho.

Ao **Rui Alho** e a **Vanusa Pereira** pela disponibilização dos frutos de pajurá que foram imprescindíveis para realização deste estudo.

Ao Professor Dr. **José Guilherme Maia**, o qual tenho grande admiração e respeito, por todo apoio e ensinamento.

Aos **amigos** de longa data e aos novos, que me acolheram em Santarém.

Aos **colegas da turma de mestrado de 2014** pela amizade, companheirismo e troca de conhecimentos.

Ao **Centro de Valorização Agroalimentar e de Compostos Bioativos da Amazônia (CVACBA)** – Faculdade de Engenharia de Alimentos/UFPA pela utilização de suas instalações e pelo apoio do Prof. **Jesus Nazareno da Silva Souza** durante o início deste projeto.

À **Universidade Federal do Oeste do Pará**, ao **Programa de Pós-Graduação em Biociências** e todos os **docentes** que contribuíram para minha formação.

À **Capex** e ao **CNPq** pelo apoio financeiro.

A **Deus**, pela dádiva da vida.

## EPÍGRAFE



*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.*  
(Arthur Schopenhauer)

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
RESUMO .....	iii
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	11
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.1.1 <i>Couepia bracteosa</i> Benth.: Considerações gerais .....	13
1.1.2 Composição centesimal.....	14
1.1.3 Fibras.....	15
1.1.4 Antioxidantes .....	17
1.1.5 Desidratação de alimentos.....	20
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
Caracterização físico-química da polpa de <i>Couepia bracteosa</i> , um fruto subutilizado da região amazônica .....	27
Resumo .....	28
1 Introdução.....	28
2 Material e métodos .....	29
2.1 Químicos e reagentes .....	29
2.2 Coleta, caracterização física dos frutos e preparo das amostras.....	30
2.3 Caracterização físico-química da polpa .....	30
2.4 Composição centesimal da polpa .....	31
2.5 Caracterização de ácidos graxos .....	31
2.6 Digestibilidade dos Carboidratos .....	31
2.7. Extração e análise do concentrado de volátil do fruto.....	32
2.8 Detecção de lectinas com atividade hemaglutinante na polpa .....	32
2.9 Preparo dos extratos: lipofílico, hidrofílico e etanólico para determinação da capacidade antioxidante e quantificação de fenóis e carotenoides totais.....	33
2.9.1 Extrato lipofílico .....	33
2.9.2 Extrato hidrofílico .....	33
2.9.3 Extrato etanólico .....	33
2.10 Determinação de carotenoides totais.....	33
2.11 Determinação de compostos fenólicos totais .....	33



2.12 Determinação de flavonoides totais .....	34
2.12.1 Método colorimétrico <i>p</i> -Dimetilaminocinamaldeído (DMACA).....	34
2.12.2 Método colorimétrico de cloreto de alumínio .....	34
2.13 Capacidade antioxidante pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) .....	34
2.14 Capacidade antioxidante pelo sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.....	34
2.15 Análise estatística.....	35
3 Resultados e discussão .....	35
3.1 Caracterização física do fruto.....	35
3.2 Caracterização físico-química da polpa .....	36
3.3. Composição centesimal da polpa .....	37
3.4 Composição de ácidos graxos .....	38
3.5 Digestibilidade dos carboidratos .....	39
3.6 Composição do concentrado volátil da polpa <i>in natura</i> e liofilizada.....	40
3.7 Detecção de lectinas com atividade hemaglutinante.....	41
3.8 Capacidade Antioxidante, compostos fenólicos e carotenoides.....	41
4 Conclusão .....	43
5 Agradecimentos .....	43
6 Referências bibliográficas .....	43
ANEXOS:.....	48
Anexo I: Identificação botânica e registro das exsiccatas.....	48
Anexo II: Cromatograma dos concentrados voláteis da polpa <i>in naturae</i> liofilizada de Pajurá .....	49
Anexo III: Cromatograma de ésteres metílicos de ácidos graxos da fração lipídica da polpa <i>in naturade C bracteosa</i> . .....	50
Anexo IV: Manuscrito submetido para publicação na revista FoodChemistry.....	51
Anexo V: Versão digital do Jornal Ciência Aberta.....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Classificação das principais fibras alimentares, seus componentes, fontes alimentares e efeitos à saúde.....	17
<b>Tabela 2</b> - Espécies radicalares (e seus intermediários) biologicamente importantes.....	18
<b>Tabela 3</b> - Características biométricas do fruto de <i>C. bracteosa</i> .....	36
<b>Tabela 4</b> - Características físico-químicas da polpa <i>in natura</i> e liofilizada de <i>C. bracteosa</i> ...	37
<b>Tabela 5</b> - Composição centesimal (base úmida) expressa em % (g/100g), valor calórico total (Kcal/100 g) e conteúdo de vitamina C (mg/100g) da polpa de <i>C. bracteosa in natura</i> e liofilizada.....	38
<b>Tabela 6</b> - Composição de ésteres metílicos de ácidos graxos da fração lipídica da polpa <i>in natura</i> de <i>C. bracteosa</i> .....	39
<b>Tabela 7</b> - Composição do concentrado volátil da polpa <i>in natura</i> e liofilizada de <i>C. bracteosa</i> .....	40
<b>Tabela 8</b> - Determinação da capacidade antioxidante pelo método DPPH e sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e carotenoides totais da polpa liofilizada e <i>in natura</i> de <i>C. bracteosa</i> .....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Aspecto geral de <i>Couepia bracteosa</i> Benth. a) Infrutescência; b) Fruto; c) Árvore.....	13
<b>Figura 2</b> - Estrutura química da vitamina C.....	19
<b>Figura 3</b> - Estrutura química de um $\beta$ -caroteno.....	19
<b>Figura 4</b> - Estrutura química $\alpha$ -tocoferol.....	19
<b>Figura 5</b> - A) estrutura química de um ácido fenólico. B) estrutura química dos flavonoides.....	20

MASSING, LAIS TATIELE. 2016. **Características físico-químicas da polpa do fruto de *Couepia bracteosa* Benth (Chrysobalanaceae), uma espécie subutilizada da Amazônia.** 88 P. Dissertação de Mestrado em Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biociências. Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA. Santarém, 2016.

## RESUMO

*Couepia bracteosa* Benth. (Chrysobalanaceae), conhecida popularmente como pajurá, é uma espécie frutífera nativa da Amazônia. Os frutos possuem polpa de sabor adocicado, espessa e fibrosa. Na região Norte a polpa é consumida principalmente na forma *in natura*. O processamento de frutos permite sua utilização como ingrediente em variadas preparações, reduzindo seu desperdício, proporcionando alimentos saudáveis e agregando valor econômico as espécies. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi determinar às características físico-químicas e analisar a capacidade antioxidante da polpa *in natura* e liofilizada. Os frutos de *C. bracteosa* são globosos tipo drupa, apresentam em média 51,3% de polpa, caracterizada por baixa acidez, alto percentual de açúcares, elevado teor de fibras totais, possui capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e ausência de atividade hemaglutinante. A polpa apresenta aroma característico do fruto, com alto teor de *E*, $\beta$ -Ocimene, ácido oleico como constituinte majoritário de ácidos graxos, além da presença de vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides. Estes resultados proporcionam informações que permitem um melhor aproveitamento do fruto, que possui potencial aplicação como alimento funcional na agroindústria. A questão da sustentabilidade é inerente a esta pesquisa por dois aspectos: não é necessário derrubar a floresta para estudarmos e investigarmos as propriedades físicas e químicas de um fruto amazônico e ao contrário, a pesquisa aqui proposta, agrega valor a esta matéria prima valorizando a floresta em pé, o que poderá incentivar o cultivo da espécie por agricultores familiar.

**Palavras-chave:** Pajurá, composição química, alimento funcional, compostos fenólicos totais e carotenoides totais.

MASSING, LAIS TATIELE. 2016. **Características físico-químicas da polpa do fruto de *Couepia bracteosa* Benth (Chrysobalanaceae), uma espécie subutilizada da Amazônia.** 2016. 88 P. Dissertação de Mestrado em Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biociências. Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA. Santarém, 2016.

## ABSTRACT

*Couepia bracteosa* Benth. (Chrysobalanaceae), popularly known as pajurá, is a fruitful species native to the Amazon. The fruits have pulp of sweetish flavor, thick and fibrous. In the Northern region the pulp is consumed mainly in the *in natura* form. The fruit processing allows its use as an ingredient in various preparations, reducing its waste, providing healthy food and adding economic value to the species. In view of the above, the present study had as aim the determination of physical-chemical characterization and analysis of the antioxidant activity of the *in natura* and lyophilized pulp. The fruits are drupe-type globes, with a mean of 51,3% of pulp, characterized by low acidity, high percentage of sugars, high total fiber content, antioxidant capacity by DPPH and  $\beta$ -carotene/linoleic acid and absence of hemagglutinating activity. The pulp has an enjoyable aroma with high content of *E*, $\beta$ -Ocimene, oleic acid as the major constituent of fatty acids, besides the presence of vitamin C, phenolic compounds and carotenoids. These results provide information that allows a better use of the fruit, which has potential application as a functional food in the agroindustry. The question of sustainability is inherent to this research in two aspects: it is not necessary to overthrow the forest to study and investigate the physical and chemical properties of an Amazonian fruit and, on the contrary, the research proposed here, adds value to this raw material valuing the forest Which may encourage the cultivation of the species by family farmers.

**Key-words:** Pajurá, chemical composition, functional food, phenolic compounds and total carotenoids.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O conhecimento da influência da alimentação na saúde e qualidade de vida dos indivíduos tem inspirado governos e organizações internacionais na elaboração de campanhas sobre alimentação saudável, já que, é crescente a morbidade e mortalidade da população em decorrência de desordens metabólicas, muitas vezes, ocasionadas pela má alimentação.

A população, em geral, também está engajada na mudança de estilo de vida, seja por saúde, seja por estética. Nesse contexto, a busca por alimentos considerados saudáveis é cada vez maior.

Estudos demonstram o benefício do consumo de frutos, verduras e grãos integrais na prevenção e tratamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como obesidade mórbida, hipertensão, diabetes, aterosclerose, câncer, entre outros. A presença de vitaminas, minerais, fibras e antioxidantes está diretamente relacionada com os benefícios proporcionados por esses alimentos.

Os frutos, exóticos ou nativos, são encontradas em abundância em feiras regionais e prateleiras dos supermercados. O Brasil é um dos maiores exportadores de frutos do mundo, no entanto, muitos frutos nativos, principalmente da região amazônica ainda são pouco conhecidos e comercializados apenas regionalmente. *Couepia bracteosa* Benth (pajurá), pertencente à família Chrysobalanaceae, é um exemplo de fruto pouco explorado.

O conhecimento da composição centesimal e das características físico-químicas desses frutos, ainda insuficientemente estudados, permitirá o reconhecimento de substâncias de interesse para a saúde e, principalmente, facilitará a identificação da melhor técnica de conservação dos nutrientes e compostos bioativos de relevância.

O processamento poderá agregar valor ao fruto e proporcionar a redução de custos para transporte, garantir sua disponibilidade durante o ano inteiro (tendo em vista sua sazonalidade), permitir o aproveitamento de frutos que estariam sendo desperdiçados, favorecer a formação de agroindústrias gerando renda para a agricultura familiar, ofertar alimentos diversificados e mais saudáveis à população, além de auxiliar na preservação da floresta.

A vida moderna exige praticidade, no entanto, a saúde exige qualidade. O desafio da produção de alimentos hoje é aliar essas exigências. A desidratação de frutos é uma alternativa para agregar valor nutricional aos alimentos processados, visto que, essa técnica concentra os nutrientes, além de aumentar sua vida útil. Devido sua praticidade, o consumo de frutos desidratados está aumentando consideravelmente, seja puro, seja como ingredientes em pães, bolos, cookies, dentre outros.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi determinar a caracterização físico-química e análise da capacidade antioxidante da polpa *in natura* e liofilizada, com o intuito de identificar características e benefícios de seu consumo na alimentação humana, bem como detectar atributos funcionais.

Este trabalho está estruturado em introdução geral seguido de revisão bibliográfica, a metodologia, os resultados, a discussão e a conclusão estão em formato do artigo submetido à revista *Food Chemistry*.

## 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1.1 *Couepia bracteosa* Benth.: Considerações gerais

*Couepia* é considerado o terceiro maior gênero da família Chrysobalanaceae, endêmico da região neotropical, disseminado do México ao Paraguai com o maior número de espécies localizadas na Guiana e região amazônica brasileira (SOTHERS, 2014).

*Couepia bracteosa* (Figura 1), popularmente conhecida como pajurá, pajurá-de-racha ou pajurá verdadeiro é nativa da bacia amazônica. Composta por árvores de médio porte, de aproximadamente 20 metros de altura, tronco cilíndrico com casca fina apresentando rachaduras que proporcionam aparência enrugada. As folhas são simples, pecioladas, de 10 a 22 cm de comprimento (PRANCE, 2007).



**Figura 1** -Aspecto geral de *Couepia bracteosa* Benth. a) Árvore; b) Infrutescência; c) Fruto; d) Polpa. Fotos: Lais Massing (d), Regiane Bernardes (c), Agnaldo Tremea (a, b).



A identificação da espécie é realizada principalmente por meio de suas flores hermafroditas, frutos grandes e oviformes, tipo drupa, que devem ser coletados após processo de abscisão. A polpa apresenta aroma e sabor adocicados, é espessa, fibrosa, amarelada e o endocarpo é grande e áspero. Sua safra inicia em novembro e finaliza em maio, geralmente é consumido *in natura*, ou ainda como ingrediente de preparações doces e salgadas. (FALCÃO et al., 1981; FAO, 1986; CAVALCANTE, 1996; PRANCE, 2007; CARRERO, 2014; KINUPP & LORENZI, 2014).

Estudos realizados com *C. bracteosa* por Souza et al. (2014) detectaram ação antioxidante moderada para o extrato obtido da semente frente ao radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e ação fraca para a polpa e casca. Marinho e Castro (2002) relataram a presença de  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno e criptoxantina na polpa.

Aguiar (1996) encontrou para a polpa de *C. bracteosa* valor energético de 127,3kcal por 100 g de amostra, sendo os carboidratos o nutriente com maior representatividade, correspondendo a 93,7% das calorias, seguido de proteínas 5,6% e lipídeos 0,7%. Em suas análises não foi incluída a determinação de fibra alimentar, vitaminas e minerais. Berto et al. (2015) referem valor energético de 169,73kcal e  $350,56 \pm 3,85$  mg de sódio (Na) em 100 g da polpa do fruto comercializado em feiras da cidade de Manaus -AM.

A partir do conhecimento da composição centesimal dos frutos é possível desenvolver procedimentos adequados para a colheita, pós-colheita, beneficiamento e armazenamento, influenciando de forma positiva o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (SILVA et al., 2007a)

### **1.1.2 Composição centesimal**

Testes analíticos em alimentos foram desenvolvidos no Brasil entre as décadas de 40 e 60, entretanto, pesquisas na área de toxicologia ganharam espaço no mundo científico reduzindo o interesse na investigação da composição de nutrientes. Em consequência, o conhecimento do valor nutricional do alimento brasileiro tornou-se limitado. A partir de um novo ponto de vista em relação à ciência dos alimentos e nutrição, ressurgiu o interesse pelas propriedades nutricionais dos alimentos (TORRES et al., 2000).

O conhecimento da composição centesimal é essencial para garantir a segurança alimentar e nutricional. Através destes dados obtém-se a qualidade do alimento o que possibilita avaliar a ingestão de nutrientes da população, assim como auxiliar profissionais na prática clínica e na saúde pública através da relação entre dieta e patologias. A informação correta sobre a composição nutricional também pode estimular a produção agrícola e industrial de

novos alimentos, podendo ainda, ser útil para conduzir a escolha dos consumidores através da rotulagem nutricional (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO, 2011).

Estudar a composição centesimal dos alimentos consumidos em diferentes regiões do Brasil é fundamental para elaboração de guias alimentares e orientações nutricionais diversificadas para cada população, promovendo o desenvolvimento local, alimentação de qualidade e reduzindo a monotonia e o desequilíbrio alimentar consequentes da globalização (TACO, 2011). Além disso, permite a caracterização de frutos pouco conhecidos e a identificação de novos alimentos com propriedades funcionais.

Estudos vêm sendo realizados para investigação e elaboração de novos produtos alimentícios através de matérias-primas não convencionais, com o propósito de diversificar e aumentar o consumo ou, então, melhorar o valor nutricional e sensorial dos alimentos (SILVA et al., 2007a).

A composição centesimal expressa o valor nutritivo e a proporção dos elementos presentes em 100g de amostra (SILVA et al., 2007b). Para determinar a composição centesimal de alimentos dispomos de três metodologias diferentes: os métodos diretos, indiretos e combinados. O primeiro é o mais indicado, pois, são feitas análises específicas em cada alimento, no entanto, seu custo é elevado. Os métodos indiretos, por sua vez, apresentam baixo custo e consistem na coleta de dados já existentes na literatura, por fim podemos utilizar uma combinação dos dois primeiros métodos (LOPES et al., 2015).

A análise da composição de alimentos permite a identificação de nutrientes ou não nutrientes, como o caso das fibras alimentares, com papel fundamental na manutenção da saúde por meio de seus efeitos fisiológicos.

### **1.1.3 Fibras**

O conceito de fibra alimentar mudou significativamente nos últimos anos devido à descoberta de um grande número de substâncias e seu papel fisiológico no organismo (MENDES, 2011). O *Codex Alimentarius* a define como “polímeros de hidratos de carbono com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados por enzimas endógenas no intestino delgado de humanos”. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) caracteriza fibra como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano” (ANVISA, 2003).

As fibras são compostas por partes estruturais e não estruturais das plantas (POURCHET-CAMPOS, 1990). Podem ser divididas em subclasses como celuloses, hemiceluloses, lignina, pectinas, frutanos,  $\beta$ -glucanas, amidos resistentes, gomas e mucilagens. Ainda, podem

ser diferenciadas de acordo com sua solubilidade em fibras solúveis e insolúveis (COSTA & ROSA, 2010).

Segundo a ANVISA algumas dessas fibras possuem alegação de propriedade funcional, desde que a porção do produto contenha no mínimo 2,5 g de fibras, sem considerar os ingredientes utilizados em sua preparação (BRASIL, 2016).

O papel da fibra no sistema gastrointestinal ainda é complexo e está relacionado com sua solubilidade. A fibra solúvel, tal como a pectina, reduz os níveis de colesterol na corrente sanguínea, em especial a lipoproteína de baixa densidade (LDL), atua na redução da taxa de esvaziamento gástrico e na absorção de carboidratos e lipídios. A fibra insolúvel aumenta o peristaltismo e o bolo fecal, evitando a constipação intestinal. Ambas são fermentadas pela flora benéfica do intestino e produzem ácidos graxos de cadeia curta como acetato, propionato e butirato, que servem de fonte de energia para a célula do intestino e promovem a saúde da mucosa intestinal (KOSMALA, et al., 2013; SCHNEEMAN, 1999).

A recomendação da ingestão adequada de fibras totais para a saúde humana é de 38 g para homens de 19 a 50 anos de idade e 25 g para mulheres da mesma faixa etária (COSTA & ROSA, 2010). Estudos têm relacionado o consumo de fibras presentes em frutos, verduras e cereais na redução do risco de câncer de cólon, controle do diabetes mellitus, doenças cardiovasculares, obesidade, cálculo renal e câncer de próstata (JENKINS et al., 2001; DESCHA-SAUX et al., 2014; SANGEETHAPRIYA & SIDDHURAJU, 2014; SORENSEN et al., 2014). A tabela 1 apresenta a classificação das principais fibras, seus componentes, fontes alimentares e seus efeitos à saúde.

Assim como alimentos ricos em fibras, os alimentos fontes de antioxidantes também possuem alegações de propriedade funcional regulada pela ANVISA, além do crescente interesse da comunidade científica no papel dessas substâncias na prevenção e manutenção da saúde e tratamento de patologias.

**Tabela 1-** Classificação das principais fibras alimentares, seus componentes, fontes alimentares e efeitos à saúde

<b>Fibra alimentar</b>	<b>Principais componentes químicos</b>	<b>Fontes</b>	<b>Principais funções</b>
<b>Celulose</b>	Glicose ( $\beta$ -1-4)	Trigo integral, farelos, vegetais.	Aumenta o volume fecal, diminuindo o tempo de trânsito intestinal.
<b>Hemicelulose</b>	Xilose, malose, galactose	Farelo, grãos integrais.	A fermentação produz ácidos graxos de cadeia curta.
<b>Lignina</b>	Fenóis	Frutos e sementes comestíveis, vegetais maduros.	A fermentação produz ácidos graxos de cadeia curta.
<b>Gomas</b>	Galactose e ácido glicorônico	Aveia, legumes, goma guar, cevada.	Formação de gel, diminuindo, assim, o esvaziamento gástrico e a absorção de glicose.
<b>Pectinas</b>	Ácido poligalacturônico	Maças, cenouras, morangos e frutos cítricos.	Liga-se a minerais, lipídios, ácidos biliares, aumentando sua excreção e diminuindo colesterol sérico.
<b>Quitina</b>	Glicopirranose	Suplemento de caranguejo ou casca de lagosta.	Reduz a concentração de colesterol sérico.
<b>Frutanos</b>	Polímeros de frutose	Chicória, cebola, alho, etc.	Prébiotico que estimula o crescimento das bactérias benéficas no intestino. Utilizado como substituto de gorduras.
<b><math>\beta</math>-glucanas</b>	Glicopirranose	Aveia e farelo de Cevada	Reduz a concentração de colesterol sérico.
<b>Polissacarídeos de algas (carrageninas)</b>		Algas marinhas.	Formadores de gel – usados como estabilizadores (podem ser tóxicos).
<b>Polidextrose</b>	Glicose e sorbitol	Sintetizado.	Usado como agente de volume e substituto de açúcar.
<b><i>Psyllium</i></b>		Extraído da semente de <i>Psyllium</i> .	Possui uma alta capacidade de retenção de água (perigo de asfixia).

Adaptada: MAHAN et al., 2012.

#### 1.1.4 Antioxidantes

Antioxidante pode ser definido como qualquer substância (nutriente ou não nutriente), que em concentração baixa em relação ao substrato, retarda ou impede a oxidação de radicais livres ou metais pesados, através da doação de elétron ou hidrogênio ao radical e da capacida-

de de quelar metais pesados (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; COSTA & ROSA, 2010; LIACUNA & MACH, 2012).

Radicais livres são substâncias formadas continuamente em meio aeróbico (tabela 2) e possuem funções fundamentais na sinalização do ciclo celular, porém, em concentrações elevadas os mesmos podem causar dano estrutural ou funcional à célula por meio da oxidação de lipídeos, proteínas e DNA. Dessa forma, seu excesso está diretamente envolvido no desenvolvimento de doenças degenerativas relacionadas com o envelhecimento como diabetes, doenças cardiovasculares, doenças renais, câncer, Parkinson, Alzheimer, entre outras (MISHRA et al., 2010).

**Tabela 2** - Espécies radicalares (e seus intermediários) biologicamente importantes

<b>Espécies</b>	<b>Principais substâncias</b>		
<b>Derivadas de Oxigênio</b>	Ânion-radical superóxido ( $O_2^{\bullet -}$ )	Peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ )	Radical hidroxila ( $\bullet OH$ )
	Radical peroxila ( $RO_2^{\bullet}$ )	Radical alcoxila ( $RO^{\bullet}$ )	Oxigênio singlete ( $^1O_2$ )
	Ozônio ( $O_3$ )		
<b>Derivadas de Nitrogênio e Cloro</b>	Ácido hipocloroso ( $HOCl$ )	Óxido nítrico ( $NO^{\bullet}$ )	Dióxido de nitrogênio ( $NO_2^{\bullet}$ )
	Cloreto de nitrila ( $NO_2Cl$ )	Peroxinitrito ( $ONOO^{\bullet}$ )	Cloraminas
<b>Derivadas de Enxofre</b>	Radical tífla ( $RS^{\bullet}$ )		
<b>Metais</b>	Ferro (Fe)	Cobre (Cu)	

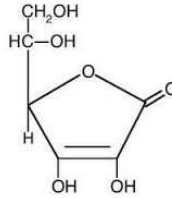
Adaptada: VASCONCELOS et al., 2007.

A síntese de substâncias oxidantes em seres vivos é controlada por mecanismo endógeno através de enzimas como superóxido dismutase (SOD), catalase, glutatona e peroxidases; por meio exógeno que inclui várias fontes de antioxidantes capazes de inibir os radicais livres (LIACUNA & MACH, 2011).

Basicamente os antioxidantes são classificados como hidrofílicos ou lipofílicos e podem ser obtidos de fontes naturais ou sintéticas. Inseridos na categoria de sintéticos temos butil-hidroxi-asiinol (BHA) e o butil-hidroxi-tolueno (BHT) ambos utilizados principalmente pela indústria alimentícia, todavia, possuem toxicidade (AYRES & CHAVES, 2009). Presentes no reino vegetal, ácido ascórbico (vitamina C), carotenóides,  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), e compostos fenólicos são os principais antioxidantes naturais (CANO & ARNAO, 2004).

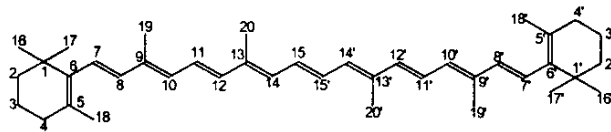
Nutriente essencial para os mamíferos, a vitamina C (figura 2) é conhecida pelo seu potencial antioxidante frente a várias espécies reativas de oxigênio (ROS), serve como cofator para diversas reações enzimáticas, atua sinergicamente com outros antioxidantes regenerando-os a sua forma ativa. Na presença de metais de transição (Fe e Cu) pode agir como pró-

oxidante formando radical hidroxila, no entanto, em condições fisiológicas normais esses metais não são disponíveis nos fluídos extracelulares (SAN-MIGUEL & MARTIN-GIL, 2009; LIACUNA & MACH, 2012).



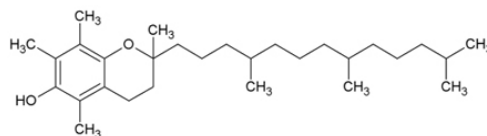
**Figura2-** Estrutura química da vitamina C  
Fonte: PUGLIESE, 2010.

Responsável pela pigmentação amarela e vermelha em frutos e plantas, os carotenoides fazem parte de um grupo de antioxidantes lipofílicos precursores de vitamina A. Envolvidos na modulação da resposta imune, modulação do metabolismo carcinogênico, proliferação e regulação do crescimento celular, degeneração macular, etc. Esses antioxidantes agem principalmente eliminando oxigênio singlete. A figura 3 mostra a estrutura química do  $\beta$ -caroteno, o carotenoide de maior abundância nos alimentos (RODRIGUES-AMAYA, et al., 2008).



**Figura 3-** Estrutura química de um  $\beta$ -caroteno  
Fonte: RODRIGUEZ-AMAYA, 2001.

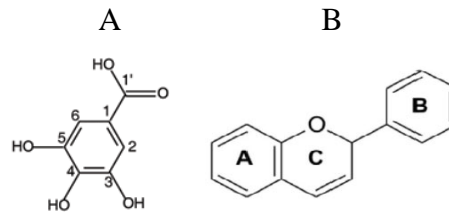
A vitamina E, mais precisamente o  $\alpha$ -tocoferol (figura 4) é considerado o principal antioxidante lipofílico. Sua atividade biológica está envolvida no bloqueio da propagação da peroxidação lipídica dos ácidos graxos polinsaturados de membranas celulares e lipoproteínas (VASCONCELOS et al., 2007; SAN-MIGUEL & MARTIN-GIL, 2009).



**Figura 4-** Estrutura química  $\alpha$ -tocoferol  
Fonte: COSTA & ROSA, 2010.

Compostos fenólicos são definidos como uma classe de antioxidantes derivados do metabolismo secundário dos vegetais. Caracterizados pela variedade de sua estrutura química

são subdivididos em flavonoides (considerados a maior classe de polifenóis presentes na dieta humana) e não flavonoides. Os compostos fenólicos atuam como quelantes de metais de transição, sequestradores de radicais livres, inibidores de enzimas catalisadoras da oxidação e estimulantes de enzimas com reconhecidas propriedades antioxidantes (FERRETTI et al., 2010; GALLEANO, et al., 2010).



**Figura 5-** A) estrutura química de um ácido fenólico. B) estrutura química dos flavonóides  
Fonte: PUGLIESE, 2010.

A capacidade antioxidante de fontes alimentares é realizada *in vitro* a partir de metodologias que empregam diversos parâmetros como: o sequestro do radical peroxila, capacidade de reduzir metais, captura do radical hidroxila, captura de radicais orgânicos e quantificação de produtos gerados durante a peroxidação lipídica. Os métodos mais usados são o FRAP (Poder Antioxidante de Redução do Ferro), DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), ABTS (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), ORAC (Capacidade de Absorção de Radicais de Oxigênio) e o Sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. É recomendado o emprego de pelo menos dois métodos para comprovar a capacidade antioxidante do alimento (RUFINO et al., 2010).

Além do benefício à saúde os antioxidantes naturalmente presentes em frutos e verduras podem ser empregados para conservação de alimentos processados, reduzindo desta maneira o emprego de antioxidantes sintéticos.

### 1.1.5 Desidratação de alimentos

A secagem ou desidratação é um processo que consiste na retirada da água de um produto alimentício. A prática compreende no transporte da umidade do interior para a exterior do alimento, assim a água contida é eliminada na forma de vapor. É uma atividade que há muito vem sendo usada para preservar os alimentos, dado que a água influencia significativamente em sua conservação (AMORIM, 2012; SILVA et al., 2014).

A desidratação de frutos é realizada por vários métodos tais como: secagem por convecção, condução, radiação, vapor superaquecido, liofilização, leiteo fluidizado e secagem dielétrica (ARAUJO, 2014). A secagem por convecção com circulação de ar é uma das mais uti-

lizadas e baseia-se na exposição do produto a uma corrente de ar quente. Nesse período há uma transferência concomitante de calor e massa, a qual determina a velocidade da secagem (MUNHOZ, 2013).

Na liofilização, a matéria-prima congelada passa por um processo de desidratação determinada por condições de pressão e temperatura que causam a sublimação da água. Essa técnica possui grande importância comercial já que é ideal para desidratar produtos com aromas e texturas delicados ou sensíveis ao calor e é uma opção para manter a qualidade próxima ao original dos produtos. O inconveniente da liofilização é seu custo oneroso (ARAÚJO, 2014).

Como benefícios do processo de desidratação de frutos, podemos citar o aumento de vida útil, inibição do crescimento bacteriano, inibição de reações enzimáticas, redução de perdas após a colheita, diminuição do volume e peso, redução de custos para transporte e armazenamento, disponibilidade de frutos sazonais ao longo do ano e aumento do valor nutricional através da elevação da concentração de nutrientes (ARAÚJO, 2014). Frutos desidratados também podem ser utilizados como ingredientes para formulação de novos produtos alimentícios.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Determinar as características físico-químicas e capacidade antioxidante da polpa *in natura* e liofilizada de *Couepia bracteosa* Benth.

### 2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar as características físicas do fruto de *Couepia bracteosa*;
- ✓ Analisar as características físico-químicas da polpa *in natura* e liofilizada;
- ✓ Determinar a composição centesimal da polpa *in natura* e liofilizada;
- ✓ Aferir a capacidade antioxidante e atividade hemaglutinante da polpa *in natura* e liofilizada;
- ✓ Analisar o índice de digestibilidade dos carboidratos da polpa *in natura* e liofilizada;
- ✓ Analisar a composição dos ácidos graxos da polpa *in natura*;
- ✓ Determinar a composição do aroma da polpa *in natura* e liofilizada.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. P. L. Tabelas de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazônica**. v. 26, n. 1, p.121-126, 1996.

AMORIM, T. P. **Avaliação físico-química de polpa e de casca de banana *in natura* e desidratada**. 2012. 55f. Graduação. (Curso de Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, 2016.

Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>. Acessado em: 25.09.16.

ARAÚJO, A. L. M. **Polpa de jambolão (*Syzygiumcumini*) desidratada por liofilização e secagem em leito de jorro: caracterização físico-química e funcional e impacto da secagem**. 2014. 111 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN.

AYRES, M. C. C; CHAVES, M. H. Constituintes químicos e atividade antioxidante de extratos das folhas de *Terminalia fagifolia* Mart. etZucc. **Quim. Nova**. v. 32, n. 6, p. 1509-1512, 2009.

BERTO, A. et al. Proximate compositions, minerals contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. **Food Research International**. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 360 de 23/12/2003**. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas ou probióticos**. Atualizado em julho/2016.

Diponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>. Acesso em: 25.09.16.

CANO, A; ARNAO, M. B. Actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica y Contenido en vitamina c de zumos de naranja comerciales: Relación con sus características. **Cienc. Tecnol. Aliment**. v. 4, n. 3, p. 185-189, 2004.

CARRERO, G. C. et al. **Árvores do Sul do Amazonas: guia de espécies de interesse econômico e ecológico**. IDESAM, Manaus, março, 2014.

CAVALCANTE, P. B. **Frutos comestíveis da Amazônia**. 6ªed. – Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996.

CODEX ALIMENTARIUS. **Guidelines on nutrition labeling**. revised 2013.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais - componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Ed. Rubio. Rio de Janeiro, 2010.

DESCHASAUX, M. Dietary Total and Insoluble Fiber Intakes Are Inversely Associated with Prostate Cancer Risk. **J. Nutr.**v. 144, p. 504-510.2014.

DUARTE-ALMEIDA, J.M, et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas. v. 26, n. 2, p. 446-452, abr.-jun, 2006.

FALCÃO, M. A.; LLERAS, E.; KERR, W,E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Pajurá (*Couepia bracteosa* Bentham) (Chrysobalanaceae). **ACTA Amazonia**, v. 11, n. 3, setembro, 1981.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Food and fruit- bearing forest species 3: Examples from Latin America.** Estados Unidos, 1986.

FERRETTI, G.; BACCHETTI, T.; BELLEGGIA, A.; NERI, D. Cherry antioxidants: from farm to table. **Molecules.** v. 15. p. 6993-7005, 2010.

GALLEANO, M. et al. Antioxidant actions of flavonoids: Thermodynamic and kinetic analysis. **Archives of Biochemistry and Biophysics.** v. 501, p. 23-30, 2010.

JENKINS, D. J. A. et al. Effect of a Very-High-Fiber Vegetable, Fruit, and Nut Diet on Serum Lipids and Colonic Function. **Metabolism.** v. 50, n. 4, p. 494-503. Abril. 2001.

KINUPP, V. F. LORENZZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora. São Paulo, 2014.

KOSLMALA, M. et al. Dietary fiber and cell wall polysaccharides from plum (*Prunus domestica* L.) fruit, juice and pomace: Comparison of composition and functional properties for three plum varieties. **Food Research International.** v. 54, p. 1787–1794, 2013.

LIACUNA, L. MACH, N. Papel de los antioxidantes em La prevención del câncer. **Rev Esp Nutr Hum Diet.** v.16, n. 1, p. 16-24, 2012.

LOPES, T. V. C. et al. Compilation of mineral data: Feasibility of updating the food composition database. **Journal of Food Composition and Analysis.** v. 39, p. 87-93, 2015.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krause:** alimentos, nutrição e dietoterapia. 13ª Ed. Elsevier, 2012.

MARINHO, H. A.; CASTRO, J. S. Carotenoides e valor de pró-vitamina A em frutos da região amazônica: pajurá, piquiá, tucumã e umari. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. **Anais.** Belém: Meio magnético, 2002.

MENDES, A. R. **Implementação e validação de uma metodologia para análise de fibra alimentar.** 2011. 81 f. Dissertação. (Mestrado em química Forense) – Departamento de química da Universidade de Coimbra.

MISHRA, N.; DUBEY, A.; MISHRA, R.; BARIK, N. Study on antioxidant activity of common dry fruits. **Food and Chemical Toxicology.** v. 48. p. 3316-3320, 2010.

- MUNHOZ, C.L. **Elaboração de barras de cereal com bocaiuva**. 2013. 105 f. Tese. (Doutorado em Saúde e Tecnologia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS.
- POURCHET-CAMPOS, M. A. Fibra: a fração alimentar que desafia os estudiosos. **Alim. Nutr.**São Paulo. v. 2, p. 53-63, 1990.
- PRANCE, G.T. **Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Chrysobalanaceae. Rodriguésia.** v. 58, n. 3, p. 493-531, 2007.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods.** ILSI Press, Washington, 2001.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis.** v. 21, p. 445-463, 2008.
- RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry.** v. 121, p. 996-1002, 2010.
- SANGEETHAPRIYA, M.; SIDDHURAJU, P. Health related functional characteristics and antioxidant potential of mucilage (dietary fiber) from *Zizyphus mauritiana* fruits. **Food Science and Human Wellness.** v. 3, p. 79-88, 2014.
- SAN MIGUEL, A.; MARTIN-GIL, F. J. Importancia de las especies reactivas al oxígeno (radicales libres) y los antioxidantes en clínica. **Gac Med Bilbao.** v. 106, p. 106-113, 2006.
- SCHNEEMAN, B. O. Fiber, Inulin and Oligofructose: Similarities and Differences. **J. Nutr.** v. 129, p. 1424-1427, 1999.
- SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alim. Nutr.**, Araraquara. v. 18, n. 3, p. 325-330, jul/set, 2007a.
- SILVA, E. M. et al. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian Region. **Food Chemistry.** v.101, p. 1012-1018, 2007b.
- SORENSEN, M. D. et al. Dietary Intake of Fiber, Fruit and Vegetables Decreases the Risk of Incident Kidney Stones in Women: A Women's Health Initiative Report. **The journal of urology.** v. 192, p. 1694-1699, dez, 2014.
- SOTHERS, C. et al. Taxonomic novelties in Neotropical Chrysobalanaceae: towards a monophyletic *Couepia*. **Phytotaxa**1. v. 72, n. 2, p. 176-200, jun, 2014.
- SOUZA, M. P; NOBRE, T. A; NUNOMURA, R. C. S. Perfil cromatográfico por LC-DAD-HRMS e atividade antioxidante da semente do pajurá (*Coepiabracteosa*). I ENCONTRO DE QUÍMICA DO NORTE – SBQNORTE, 2014a.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA – UNICAMP. 4ª ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

TORRES, E. A. F. S. et al. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 20, n. 2. Campinas. Maio/ago, 2000.

VASCONCELOS, S. M. L. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Quim. Nova.** v. 30, n. 5, p. 1323-1338, 2007.

**Caracterização físico-química da polpa de *Couepia bracteosa*, um fruto subutilizado da região amazônica**

Lais Tatiele Massing<sup>a\*</sup>, Leoneide Érica M. Bouillet<sup>b</sup>, Regiane Sablina Bernardes<sup>b</sup>, Eloisa Helena A. Andrade<sup>c</sup>, Agnaldo Tremea<sup>d</sup>, Jesus Nazareno da Silva Souza<sup>e</sup>,  
Guilherme José S. Maia<sup>b</sup>, Rosa Helena Veras Mourão<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biociências, <sup>b</sup>Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental - Universidade Federal do Oeste do Pará, 68.035-110 Santarém-PA, Brasil.*

<sup>c</sup>*Coordenação Botânica, Museu Paraense Emílio Goelgi, 66077-830, Belém, PA, Brasil.*

<sup>d</sup>*Instituto Nacional de Colonização de Reforma Agrária, 68.040-060 Santarém-PA, Brasil.*

<sup>e</sup>*Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, 66.095-780 Belém-PA, Brasil.*

\*Autor correspondente

Endereço de e-mail: [laismassing@hotmail.com](mailto:laismassing@hotmail.com) (L.T. Massing)

## Resumo

*Couepia bracteosa* Benth. (Chrysobalanaceae), popularmente conhecido como Pajurá, é uma espécie de fruto nativa da Amazônia, com sabor exótico e pouco explorado comercialmente. O presente estudo teve como objetivo a determinação da caracterização físico-química e a atividade antioxidante na polpa *in natura* e liofilizada de Pajurá. Os frutos são caracterizados por baixa acidez, alta porcentagem de açúcares, alto teor total de fibras (34,2%) e média Capacidade antioxidante (DPPH, 53,4%,  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, 54,3%) e ausência de atividade hemaglutinante. A polpa apresentou um aroma característico do fruto, com alto teor de (*E*)- $\beta$ -Ocimene (49,2%), além da presença de vitamina C (20 mg/100g), compostos fenólicos totais (105 mg GAE/100g), carotenoides totais (2518  $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno E/100g) e ácidos oleico (30,2%), láurico (18,1%) e palmítico (16,1%) e mirístico (11,1%) como constituintes principais da sua fração lipídica. Estes resultados contribuem para uma melhor utilização do fruto, que tem potencial aplicação como um novo alimento funcional.

**Palavras-chave:** pajurá, composição química, alimento funcional, compostos fenólicos totais e carotenoides totais.

## 1 Introdução

Além das características organolépticas, os frutos têm atraído a atenção de pesquisadores e consumidores devido à presença de minerais, vitaminas, compostos bioativos e fibras que estão associados à redução de risco de doenças crônicas não transmissíveis como o câncer e doenças cardiovasculares (Vasco, Ruales & Kamal-Eldin, 2008; Neves, Tosin, Benedette & Cisneros-Zevallos, 2015).

No Brasil, estima-se que 44% das espécies de plantas frutíferas nativas estão localizadas na região Amazônica, que é considerada uma importante reserva de alimentos e plantas medicinais. No entanto, a maioria dos frutos nativos da Amazônia é silvestre ou cultivado somente para o mercado local, não possuindo potencial econômico. Isto se deve à ausência de estudos relacionados às condições de crescimento dos cultivos, a falta de dados da composição e do valor nutritivo, da presença de compostos bioativos e das possibilidades de comercialização (Gordon, Jungfer, Silva, Maia & Marx, 2011; Neves et al., 2015).

*Couepia bracteosa* Benth (Chrysobalanaceae), popularmente conhecida como Pajurá, é uma espécie frutífera nativa da Amazônia Brasileira, encontrada nos estados do Amazonas, Pará e Roraima. A árvore alcança a altura de 12 a 25 metros, produz frutos globosos tipo drupa de epicarpo pardo e polpa amarelada, espessa e granulosa com aroma e sabor adocicado. A safra ocorre entre os meses de novembro a maio e o fruto é consumido regionalmente *in natura* ou como ingrediente de sobremesas (Falcão, Lieras & Kerr, 1981; Berto, Silva, Visentainer, Matsushita, Fernandes & Souza, 2015).

Embora o consumo de frutos amazônicos tenha predomínio local, estes apresentam grandes possibilidades para fins agroindustriais. Adicionalmente, pesquisas que buscam identificar frutos com propriedades funcionais também promovem a valorização comercial das espécies e, como consequência, podem beneficiar milhares de agricultores familiares (Genovese, Pinto, Gonçalves & Lajolo, 2008), além de contribuir para o desenvolvimento sustentável da região.

O maior desafio para a exploração e comercialização de novas espécies de frutos, principalmente em regiões mais distantes e de difícil acesso, é a preservação das suas características organolépticas e valor nutricional, tendo em vista a sua perspectiva de alta perecibilidade.

A perda pós-colheita de frutos no Brasil chega a atingir 30%. Estas perdas são provenientes da escolha de cultivares inapropriados, técnicas impróprias de pós-colheita, condições de transporte, além do armazenamento e conservação inadequados. Em contrapartida, é crescente o interesse por frutos processados, tanto no mercado interno, quanto externo, devido à procura por alimentos saudáveis que sejam convenientes e prontos para o consumo, com vida prolongada de prateleira e disponibilizando frutos sazonais por todo o ano. Assim o processo de desidratação torna-se uma boa opção para manter a qualidade dos frutos (Marques, Silveira & Freire, 2013), tanto para o consumo como ingredientes de novas preparações.

Como são ricos em vitaminas e antioxidantes, entre outros nutrientes sensíveis ao calor, os frutos, ao serem processados por métodos convencionais de desidratação podem ter seu valor nutricional e características organolépticas reduzidos. Deste modo, o processo de liofilização é considerado um dos mais adequados para manutenção dos aspectos intrínsecos dos frutos (Marques, Silveira et al., 2013).

O objetivo do presente trabalho foi a determinação da caracterização físico-química e análise da atividade antioxidante da polpa *in natura* e liofilizada de *C. bracteosa*, com vistas a identificar características e benefícios para consumo na alimentação humana, bem como detectar outros atributos funcionais.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Químicos e reagentes**

Os reagentes Folin-Ciocalteu, Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) e DMACA (p-dimetilaminocinamaldeído), as enzimas amiloglucosidase, pancreatina e invertase, os padrões ácido gálico, catequina, rutina, ácido linoléico,  $\beta$ -caroteno e a solução de ácidos graxos metilados (37 Component Fame Mix) foram adquiridos de Sigma-Aldrich (USA); o produto en-



zimático glicose oxidase-peroxidase (Liquiform) foi adquirido de Labtest Diagnóstica (Brasil); foi utilizado o padrão de calibração de peso molecular LMW GE 17044601 (97 a 14,4 KD) (BIO-RAD, Brazil). Os demais reagentes e solventes foram todos de grau analítico.

## 2.2 Coleta, caracterização física dos frutos e preparo das amostras

Os frutos de *Couepia bracteosa* foram coletados na comunidade de Alter do Chão (02°30'18.7'' S e 054°56'39.4'' W), município de Santarém, estado do Pará, Brasil, nos meses de janeiro e fevereiro de 2016. Amostras da planta (exsicatas) foram depositadas no herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), como código HSTM 000094. Após higienização e sanitização foram escolhidos aleatoriamente 10 frutos para as seguintes análises biométricas: (1) diâmetro transversal e longitudinal do fruto e semente, aferidos com paquímetro manual; (2) pesagem individual do fruto inteiro, polpa, semente e casca, com auxílio de balança digital. A polpa, *in natura* e liofilizada, foi armazenada a -18 °C, para posterior análise.

## 2.3 Caracterização físico-química da polpa

Açúcares redutores e não redutores da polpa *in natura* e liofilizada foram determinados por meio de titulação em solução de Fehling e os valores expressos em percentual de açúcares redutores e/ou não redutores, para 100 g de polpa. A acidez total titulável (ATT) das amostras foi determinada por titulação e os resultados descritos como percentual de ácidos, para 100 g de polpa. Sólidos Solúveis Totais (SST) foram quantificados por refratometria e o resultado expresso em grau Brix. Todos os ensaios foram efetuados em triplicata, de acordo com metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Análise granulométrica, índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA) foram determinados, com a finalidade de identificar propriedades de interesse tecnológico para o material resultante do processo de liofilização da polpa. A granulometria foi aferida em seis peneiras (Tamis), com aberturas entre 75 e 600µm (Brasil, 2010). Os valores ISA e o IAA foram obtidos por meio da diluição da amostra em água destilada (1:10). A mistura foi agitada e centrifugada (30 min) e o sobrenadante transferido para uma estufa (105°C, 4 h) e, em seguida, após resfriamento e pesagem para determinação do valor ISA, o precipitado foi novamente pesado e calculada a diferença entre o peso seco e úmido, com vistas à determinação do valor IAA (Leonel, Mischan, Pino, Iatauro & Duarte Filho, 2006 apud Anderson, 1969).

## 2.4 Composição centesimal da polpa

Os conteúdos de cinzas, umidade e proteínas foram determinados por metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) e os valores foram expressos em g/100g. O nitrogênio total foi convertido em proteína por multiplicação do fator de conversão 6,25. As proteínas solúveis tiveram seu peso molar determinado por eletroforese SDS-PAGE (Laemmli 1970). A concentração de lipídios das amostras foi determinada pelo método Bligh & Dyer de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008). Fibras totais, solúveis e insolúveis foram determinadas pelo método AOAC 991.43 (Cunniff & Association of Official Analytical Chemists, 1995). O teor de carboidratos foi determinado por redução dos valores de cinzas, umidade, proteínas, lipídios e fibras (g/100g), na composição centesimal.

O valor energético total foi estimado multiplicando-se o fator de conversão de 4 Kcal/g para os carboidratos e proteínas e de 9 Kcal/g para os lipídeos. A vitamina C foi quantificada pelo método de Tillmans (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

## 2.5 Caracterização de ácidos graxos

Para identificação dos ácidos graxos presentes na polpa de *C. bracteosa*, primeiramente foi feita a extração dos lipídios em aparelho Soxhlet, utilizando n-hexano e acetona como solventes. Posteriormente, a esterificação dos lipídios foi efetuada de acordo com metodologia Khan & Scheinmann(1978).

A identificação dos ácidos graxos foi feita por GC-MS, usando-se um equipamento QP-2010-Plus (Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan), com auxílio do software MS Solution e de bibliotecas-padrões (Adams, 2007; NIST, 2011). Foi utilizada uma coluna capilar de sílica (Rtx-5ms, 30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m). As condições de análise foram: temperatura do injetor 250 °C; programação de temperatura do forno 100 °C (5 min), gradiente de 4°C/min até 260 °C (20 min); gás de arraste hélio (1,2mL/min); injeção tipo split de 1,0  $\mu$ L da amostra; ionização por impacto eletrônico 70 eV); temperatura da fonte de íon e linha de transferência de 220°C e 250 °C respectivamente. Os compostos foram identificados pelo tempo de retenção dos padrões e por comparação dos seus respectivos espectros de massas com aqueles das bibliotecas acima referidas.

## 2.6 Digestibilidade dos Carboidratos

A digestibilidade dos carboidratos foi determinada de acordo com metodologia de Englyst, Kingman e Cummings (1992). Inicialmente, preparou-se 5 mL de uma mistura enzimática de pancreatina (0,75 g), 400  $\mu$ L amiloglucosidase (120U) e 5 mg de invertase (125 U). A

amostra (0,25 g) foi incubada em banho-maria a 37°C, em 10 mL de tampão acetato de sódio (0,1 M pH 5,2) e 2,5mL da mistura enzimática. Alíquotas da mistura (0,25 mL) foram retiradas nos intervalos de zero, 20 e 120 min e transferidas para tubos contendo etanol absoluto (2 mL). A amostra remanescente foi fervida a 100 °C por 30 min, resfriada e adicionada de 5 mL de hidróxido de potássio (7 M), seguido de tratamento com amiloglucosidase (60 U). A quantidade de glicose liberada em cada intervalo foi quantificada com o reagente de glicose oxidase-peroxidase. Os conteúdos das diferentes frações foram definidos como amido rapidamente digerível (até 20 min), lentamente digerível (20 a 120 min) e resistente (após 120 min).

### **2.7. Extração e análise do concentrado de volátil do fruto**

Para obtenção do concentrado de volátil, 5 g da polpa *in natura* e liofilizada foram submetidos à extração com microssistema de destilação-extração simultânea, usando-se aparato tipo Nickerson & Likens, acoplado ao sistema de refrigeração com água de condensação entre 5-10°C, durante 2 horas. n-Pentano foi utilizado como solvente (4 mL). A análise do concentrado de voláteis foi feita no equipamento GC-MS e nas condições de trabalho mencionados acima (item 2.6), exceto a programação de temperatura do forno que foi de 60-240 °C (3°C/min). Os espectros de massa foram obtidos por varredura automática, a 0,3 s cada, com fragmentos de massas na faixa de 35-400 m/z. O índice de retenção foi calculado para todos os componentes da mistura, utilizando-se uma série homóloga de n-alcanos C8-C20 (Sigma-Aldrich) (Van den Dool & Kratz, 1963). Os constituintes foram identificados por comparação de seus espectros de massas (massa molecular e o padrão de fragmentação) com os espectros existentes na biblioteca do sistema, em consulta a literatura e por comparação de seus índices de retenção.

### **2.8 Detecção de lectinas com atividade hemaglutinante na polpa**

A detecção de lectinas da polpa com atividade hemaglutinante foi realizada de acordo com metodologia descrita por Calderón de La Barca, Ochoa & Valencia (1985) usando placas de microtitulação. Após diluição seriada (1:2, 1:4, 1:8) da polpa *in natura* e liofilizada, em tampão fosfato de sódio (pH 7,4), as soluções obtidas foram incubadas com 50 µL de suspensão de eritrócitos de camundongos (Wistar) a 4%, na temperatura ambiente. Foram realizadas leituras visuais e com lupa para verificar a presença de hemaglutinação dos eritrócitos, após 60 e 90 minutos. Os poços que continham somente o tampão fosfato de sódio e a suspensão de eritrócitos serviram como controle.

## **2.9 Preparo dos extratos: lipofílico, hidrofílico e etanólico para determinação da capacidade antioxidante e quantificação de fenóis e carotenoides totais**

### *2.9.1 Extrato lipofílico*

O extrato lipofílico foi realizado segundo Rodriguez-Amaya (2001). Resumidamente, 6 g da amostra foram maceradas com 50 mL de acetona resfriada até sua total descoloração, o extrato foi filtrado e transferido para um balão de separação, adicionado de 40 mL de éter de petróleo e lavado com 150 mL de água destilada. Após separação das fases, a fase inferior, contendo água e acetona foi descartada, e novamente adicionado 150 mL de água ao balão de separação, esse processo de lavagem foi repetido por cinco vezes. Ao termino da lavagem a amostra foi filtrada em papel filtro e algodão contendo sulfato de sódio anidro e transferida para balão volumétrico de 50 mL para aferição do volume com éter de petróleo.

### *2.9.2 Extrato hidrofílico*

Para produção do extrato hidrofílico foi preparado uma solução extratora com 70% acetona, 29,5% água destilada e 0,5% ácido acético glacial, de acordo com Gordon et al. (2011), com modificações. A proporção polpa/solução extratora foi de 2:8 para a polpa liofilizada e 1:1 para polpa *in natura*. A mistura foi homogeneizada em incubadora Shaker a 80 rpm em temperatura ambiente durante uma hora, em seguida o extrato foi filtrado e a partir do resíduo foram realizadas mais duas extrações nas mesmas condições da extração inicial.

### *2.9.3 Extrato etanólico*

O extrato etanólico da polpa *in natura* e liofilizada foi feito na proporção de 1:2 e 1:10 (polpa: etanol), respectivamente. A mistura foi agitada (1 h), centrifugada a 5000 rpm na temperatura de 15°C (10 min) e filtrada.

## **2.10 Determinação de carotenoides totais**

Os carotenoides foram quantificados segundo Rodriguez-Amaya (2001), com a leitura da absorbância do extrato lipofílico em 450 nm. Os resultados foram calculados pelo coeficiente de absorvidade do éter de petróleo e expressos em  $\mu\text{g}$  equivalentes de  $\beta$ -caroteno por 100 g de polpa ( $\mu\text{gE}\beta\text{-caroteno}/100\text{g}$ ).

## **2.11 Determinação de compostos fenólicos totais**

A concentração de compostos fenólicos totais foi determinada pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton, Orthofer & Lamuela-Raventus, 1999). Uma alíquota de 500  $\mu\text{L}$

do extrato hidrofílico foi adicionada a 1250 µL de uma solução de carbonato de sódio (75g/L) e a 250 µL da solução de Folin-Ciocalteu (1 N). A mistura foi homogeneizada e incubada ao abrigo da luz (30 min) e a leitura efetuada no comprimento de onda de 735 nm. Uma curva de calibração do ácido gálico foi construída e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes do ácido gálico por 100 g de polpa (mgEAG/100g).

## **2.12 Determinação de flavonoides totais**

### *2.12.1 Método colorimétrico p-Dimetilaminocinamaldeído (DMACA)*

Ao extrato hidrofílico (400 µl) adicionou-se solução de DMACA (2000 µl) (Delcour & Janssens de Varebeke, 1985). Após incubação (10 min), protegida da luz, a leitura foi realizada no comprimento de onda 640 nm. O teor total de flavonoides foi calculado utilizando uma curva de calibração da catequina e os resultados expressos em miligramas de equivalentes da catequina por 100 g de pasta (mg CE/100 g).

### *2.12.2 Método colorimétrico de cloreto de alumínio*

Ao extrato hidrofílico (1000 µl) adicionou-se uma solução metanólica de cloreto de alumínio (2%) (1000 µl) (Chang, Yang, Wen &Cherin, 2002). A leitura foi realizada no comprimento de onda 430 nm, após o período de incubação (10 min) protegido da luz. O teor total de flavonóis foi calculado utilizando uma curva de calibração da rutina e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de rutina por 100 g de polpa (mg RE/100 g).

## **2.13 Capacidade antioxidante pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)**

A atividade antioxidante do extrato etanólico de *C. bracteosa* foi determinada pela metodologia proposta por Miliauskas, Venskutonis e Van Beek (2004). Alíquotas de 75 µL do extrato da polpa *in natura* e liofilizada, nas concentrações de 0,39 a 12,5 mg/mL e de 0,078 a 2,5 mg/mL, respectivamente, foram adicionadas a 2925 µL da solução etanólica de DPPH (60 µM). A absorvância das soluções foi medida a 517 nm, após 5, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 min de reação. Trolox foi empregado como padrão (1 a 5 µg/mL em etanol). Os resultados foram expressos por inibição da concentração (IC<sub>50</sub>,mg/mL) e pelo percentual de inibição (I%).

## **2.14 Capacidade antioxidante pelo sistema β-caroteno/ácido linoleico**

Para sua determinação foi preparada uma mistura reativa com 20 µL de ácido linoleico, 265 µL de tween 40, 1 mL de solução de β-caroteno (0,2 mg/mL em clorofórmio) e 50 mL de água previamente saturada com oxigênio durante 30 minutos e, em seguida, a mistura de colo-

ração amarelo-alaranjada foi vigorosamente agitada. O teste foi realizado pela adição de alíquota de 2,5 mL da solução reativa e 200  $\mu$ L do extrato etanólico (37,03 mg/mL da polpa *in natura* e 7,4 mg/mL da polpa liofilizada) e incubados em banho-maria a 50 °C. A leitura da absorbância em 470 nm foi monitorada desde o tempo zero e a cada 15 min, por 2 h. O mesmo procedimento foi realizado para o controle (etanol) e o padrão Trolox (1mg/mL em etanol). Os resultados foram expressos como percentual de inibição da oxidação (%I) (Rufino, Alves, Brito, Pérez-Jiménez, Saura-Calixto & Mancini-Filho, 2010).

### **2.15 Análise estatística**

Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados expressos em médias e desvio padrão.

## **3 Resultados e discussão**

### **3.1 Caracterização física do fruto**

As características biométricas do fruto de *C. bracteosa* estão descritas na tabela 1. Os frutos são oviformes com comprimento médio longitudinal de  $9,5 \pm 1,1$  cm e transversal de  $6,75 \pm 0,1$  cm e o peso médio de  $257,8 \pm 46,5$  g. Em termos percentuais, polpa, casca e semente apresentaram valores médios de 51,3%, 22,6% e 26,1%, respectivamente. Estes resultados estão muito próximos daqueles descritos previamente (Carvalho & Müller, 2005; Falcão et al., 1981). Na comparação, embora os frutos tenham sido coletados em áreas distintas da Amazônia (Pará e Amazonas), observa-se que apresentam características físicas semelhantes, o que justifica uma homogeneidade para a espécie.

As amostras analisadas apresentaram perfil de rendimento médio para o fruto, contribuindo para o seu uso como uma nova fonte de alimento com significativo valor nutricional, já que outros frutos tradicionais como açáí, bacuri e pequiá, classificados como de baixo rendimento, possuem boa aceitação e são considerados de alto valor econômico (Carvalho & Müller, 2005).

**Tabela 3** - Características biométricas do fruto de *C. bracteosa*

Características biométricas	Descrição
Diâmetro longitudinal do fruto (cm)	9,5 ±1,1
Diâmetro transversal do fruto (cm)	6,76±0,1
Diâmetro longitudinal da semente (cm)	6,43±0,6
Diâmetro transversal da semente (cm)	4,21±0,2
Peso do fruto inteiro (g)	257,8±46,5 (100%)
Peso da casca (g)	58,35±11,0 (22,6%)
Peso da semente (g)	67,20±11,6 (26,1%)
Peso da polpa (g)	132,25±28,5 (51,3%)

Resultados expressos média ± desvio padrão (n = 10)

### 3.2 Caracterização físico-química da polpa

Os resultados obtidos com a análise físico-química da polpa *in natura* e liofilizada estão descritos na Tabela 2. Os valores da acidez total titulável (ATT) (0,66±0,06% e 3,49±0,01%) e sólidos solúveis totais (SST) (12,0±0,0% e 32,8±1,39%) estão relacionados com o grau de maturação, implicam no conteúdo de açúcares e são considerados indicadores do *flavour* dos frutos. (Shi et al., 2016). O teor de açúcares redutores nas polpas *in natura* (16,75±1,33%) e liofilizada (4,04±0,17%) foi maior quando comparado aos açúcares não redutores (30,59±2,20% e 20,47±0,0%, respectivamente). Com base nestes resultados é possível observar que o fruto Pajurá possui atributos palatáveis ao consumo, tanto *in natura* como liofilizado, o que pode despertar o interesse dos consumidores e da agroindústria.

A análise granulométrica da polpa liofilizada pulverizada constatou a presença de grânulos com diâmetro heterogêneo, com predominância (55,31%) de partículas iguais ou inferiores a 75 µm. O tamanho das partículas influencia as características dos alimentos pulverizados, como absorção de água, solubilidade e intumescência. Ao mesmo tempo, partículas pequenas apresentam maior superfície de contato, que é vantajoso quando utilizadas na mistura de ingredientes (Al-Rabadi, Torley, Williams, Bryden & Gidley, 2012). O índice de solubilidade em água foi de 3,77±0,03% e o índice de absorção de água foi de 2,63±0,08 g/g, na polpa liofilizada. A avaliação destes índices permite identificar as características higroscópicas da polpa e a sua qualidade em termos tecnológicos, para incorporação e desenvolvimento de produtos alimentícios. Além disso, propicia a escolha de embalagens adequadas para armazenamento do produto.

Deste modo, a análise físico-química da polpa liofilizada do Pajurá evidencia grande potencial para seu emprego como ingrediente alimentício, tendo em vista que solubilidade e granulometria garantem que esta seja facilmente incorporada em preparações. Os valores de Índice de acidez, açúcar redutor e não redutor e demais componentes responsáveis pelo aroma e sabor, possuem atributos sensoriais únicos, que poderão levar a formulação de produtos ali-

mentícios diferenciados. Deve-se ressaltar que no processo de liofilização preserva-se em grande parte a concentração dos constituintes voláteis, o que pode realçar o *flavour* da polpa, fato de interesse significativo quando se deseja estabelecer um novo produto com base no fruto. Destacável ainda, que com a desidratação ocorre uma elevação no valor energético da polpa. Isto implicará na redução do tamanho da porção do fruto a ser consumido ou mesmo adicionado em preparações. Por último, deve-se levar em conta que a liofilização reduz a perecibilidade do fruto, como consequência da fermentação dos carboidratos, com aumento da vida de prateleira e, portanto, com maior disponibilidade.

**Tabela 4** -Características físico-químicas da polpa *in natura* e liofilizada de *C. bracteosa*

Análises	Polpa <i>in natura</i>	Polpa Liofilizada
Acidez total titulável (%)	0,66±0,06	3,49±0,01
Sólidos solúveis totais (%)	12±0	32,8±1,39
Açúcares redutores (% glicose)	16,75±1,33	30,59± 2,20
Açúcares não redutores (% sacarose)	4,04±0,17	20,47 ± 0
Índice de solubilidade em água (%)	-	3,77 ± 0,03
Índice de absorção de água (g/g)	-	2,63 ± 0,08

Resultados expressos em média± desvio padrão (n=3)

### 3.3. Composição centesimal da polpa

A composição centesimal da polpa *in natura* e liofilizada está na Tabela 3. Devido ao elevado teor de água (62,21%), a polpa *in natura* apresentou valor energético inferior à polpa liofilizada, bem como para carboidratos, proteínas, lipídios, cinzas, fibras e vitamina C. A polpa do fruto *in natura* é considerada hipocalórica, pois possui menos de 1,0kcal/g, por outro lado, decorrente do processo de desidratação, a polpa liofilizada é considerada hipercalórica, com mais de 2,0 kcal/g, devido à concentração dos nutrientes (ver Tabela 3). Berto e colaboradores (2015), em análise prévia da composição centesimal da polpa *in natura* de fruto Pajurá proveniente do estado do Amazonas, Brasil, mencionam para um valor calórico total de 169,73 kcal/100 g, no entanto, estes autores não efetuaram a análise das fibras, o que pode ter superestimado o valor energético dos carboidratos.

A análise por eletroforese mostrou que as proteínas solúveis da polpa *in natura* e liofilizada possuem peso molecular de 97,81; 71,56; 40,35; 28,02; 20,50 e 15,29 kD, justificando que o processo de desidratação não interferiu na estrutura proteica do fruto. Observou-se que cada 100 g da polpa *in natura* é capaz de suprir 9,28% da ingestão diária de vitamina C para homens (75 mg/d) e 11,61% para mulheres (60 mg/d). Quanto à polpa liofilizada, 100 g supre 26,81 e 33,51% da recomendação para homens e mulheres, respectivamente (Food Nutrition, Institute of Medicine & National Academies, 2000). Os resultados demonstram que a vitami-



na C presente na polpa do fruto foi preservada durante o processo de liofilização. Desta forma, embora o fruto não apresente alta concentração de vitamina C, seu consumo da polpa *in natura* e liofilizada pode complementar a necessidade nutricional diária.

O Pajurá destacou-se por sua elevada composição de fibras, tanto *in natura* ( $14,62 \pm 0,0\%$ ) como liofilizado ( $34,7 \pm 0,0\%$ ), podendo ser classificado como um alimento com propriedade funcional significativa, com valor mínimo acima daquele preconizado no Brasil (2,5 g de fibras em uma porção de 100 g) (ANVISA, 2016). O papel da fibra no sistema gastrointestinal ainda é complexo e está relacionado com sua solubilidade. A fibra solúvel está associada à redução dos níveis de colesterol no sangue, na redução da taxa de esvaziamento gástrico e na absorção de carboidratos e lipídios. A fibra insolúvel aumenta o peristaltismo, evitando a constipação. Ambas são fermentadas pela flora intestinal produzindo ácidos graxos de cadeia curta. Estudos relacionam o consumo de fibras de frutos, verduras e cereais com a redução do risco de câncer de cólon, controle do diabetes, doenças cardiovasculares e obesidade, entre outros (Elleuch, Bedigian, Roiseux, Besbes, Blecker & Attia, 2011).

Assim, o consumo do Pajurá ou o emprego da polpa liofilizada como ingredientes de novas preparações poderá ser aproveitado pela indústria alimentícia para beneficiar a saúde de eventuais consumidores. Também, devido à alta concentração de fibras, o fruto pode ser explorado por meio de sua extração para fins farmacológicos ou como suplemento alimentar. No entanto, outros estudos ainda são necessários para identificação destas fibras e seu efeito no organismo humano.

**Tabela 5** - Composição centesimal (base úmida) expressa em % (g/100g), valor calórico total (Kcal/100 g) e conteúdo de vitamina C (mg/100g) da polpa de *C. bracteosain naturae* liofilizada

<b>Análises</b>	<b><i>In natura</i></b>	<b>Liofilizada</b>
<b>Umidade</b>	62,21 ± 0,44	10,35 ± 0,13
<b>Cinzas</b>	0,75 ± 0,05	1,77 ± 0,13
<b>Proteínas</b>	1,01 ± 0,03	2,43 ± 0,23
<b>Lipídios</b>	0,1 ± 0,01	0,7 ± 0,08
<b>Carboidratos</b>	21,30 ± 0,44	50,04 ± 0,34
<b>Fibras solúveis</b>	0,21 ± 0	0,5 ± 0
<b>Fibras insolúveis</b>	14,41 ± 0	34,2 ± 0
<b>Fibras alimentares totais</b>	14,62 ± 0	34,7 ± 0
<b>Valor calórico total</b>	90,18	216,22
<b>Vitamina C</b>	6,96 ± 0	20,11 ± 1,34

Resultados expressos em média ± desvio padrão (n=3)

### 3.4 Composição de ácidos graxos

A composição dos ácidos graxos da polpa de Pajurá está demonstrada na Tabela 4. Foram identificados 18 ácidos graxos com predominância de ácido oleico (C18: 1/30,2%), ácido láu-

rico (C12: 0/18,1%), ácido palmítico (C16: 0/16,1%), ácido mirístico (C14: 0/11,1%), ácido esteárico (C18: 0/6,4%) e ácido cáprico (C10: 0/3,7%). Baixo conteúdo foi observado para os seguintes ácidos graxos de cadeia longa: araquídico (C20: 0/2,2%), behênico (C22: 0/0,7%) e lignocérico (C24: 0/7%).

Os ácidos láurico e oleico são necessários para a nutrição humana, com benefícios comprovados associados ao seu consumo. O ácido láurico tem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares (Lim, Gan, Ong & Chew, 2015). O ácido oleico ( $\omega$ 9), um dos ácidos gordos monoinsaturados mais comuns e presente nos óleos alimentares, é o principal constituinte do azeite e tem potencial ação na prevenção primária e secundária de doenças cardiovasculares (Schwingshackl & Hoffmann, 2014). Esses resultados estimulam novas pesquisas para verificar o efeito benéfico do consumo de Pajurá na prevenção e tratamento de patologias associadas aos hábitos alimentares, como é o caso das doenças crônicas não transmissíveis.

**Tabela 6** - Composição de ésteres metílicos de ácidos graxos da fração lipídica da polpa *in natura* de *C. bracteosa*.

TR	Símbolo	Constituinte	Óleo %
11.408	C10:0	Ácido Cáprico, éster metílico	3,7
15.950	C11:0	Ácido Undecanoico, éster metílico	0,2
19.608	C12:0	Ácido láurico, éster metílico	18,1
20.042	C14:1(9) $\omega$ 5	Ácido miristoleico, éster metílico	0,7
22.725	12-Me-C13:0	Ácido isomirístico, éster metílico	0,2
26.942	C14:0	Ácido mirístico, éster metílico	11,1
30.042	C15:0	Ácido pentadecanóico, éster metílico	0,4
33.792	C16:1(9) $\omega$ 7	Ácido palmitoleico, éster metílico	1,4
34.050	C16:0	Ácido palmítico, éster metílico	16,1
36.025	14-Me-C15:0	Ácido isopalmítico, éster metílico	1,2
36.842	C17:0	Ácido heptadecanóico, éster metílico	1,5
38.967	C18:2(9,12) $\omega$ 6	Ácido linoléico, éster metílico	0,6
39.733	C18:1(9) $\omega$ 9	Ácido oléico, éster metílico	30,2
40.667	C18:0	Ácido esteárico, éster metílico	6,4
43.075	C18:1(11) $\omega$ 7	Ácido vacênico, éster metílico	0,3
46.008	C20:0	Ácido araquídico, éster metílico	1,8
51.400	C22:0	Ácido beênico, éster metílico	0,7
56.458	C24:0	Ácido lignocérico, éster metílico	0,7
<b>Total</b>			<b>95,3</b>

TR = tempo de retenção (em RTx-5ms coluna capilar)

### 3.5 Digestibilidade dos carboidratos

Os carboidratos presentes na polpa *in natura* e liofilizada de Pajurá foram digeridos pelas enzimas nos primeiros 20 minutos da reação, sendo classificados como rapidamente

digeríveis e a presença de amido resistente em ambas as polpas não foi identificada. Estes resultados permitem concluir que carboidratos na fruta estão prontamente disponíveis para absorção, o que pode elevar os níveis de glicose pós-prandial na corrente sanguínea. No entanto, a digestibilidade de carboidratos isoladamente não influencia seu índice glicêmico. Depende de fatores como a taxa de esvaziamento gástrico, a quantidade de gordura e proteínas no alimento, as diferenças na extensão da mastigação, a quantidade de amilase pancreática produzida e a taxa de absorção da glicose intestinal (Englyst, Veenstra & Hudson, 1996).

### 3.6 Composição do concentrado volátil da polpa *in natura* e liofilizada

Os constituintes identificados no concentrado volátil das polpas *in natura* e liofilizadas estão listados na Tabela 5. Foram identificados oito constituintes, cuja soma corresponde a 98,4% e 100,0% da composição de concentrados voláteis nas polpas *in natura* e liofilizada, respectivamente. Em ordem decrescente os constituintes foram (*E*)- $\beta$ -ocimeno (33,1% e 49,2%), (*2E*)-hexanal (20,8% e 5,3%), naftaleno (13,7% e 14,3%), 2-etilhexanol (13,3% e 18,1%), hexanal (11,1% e 6,8%), eugenol (3,2% e 2,7%), 2,3-hexadienona (3,2% e 1,8%) e fenilacetaldeído (vestígios e 1,8%).

Constituintes voláteis são produzidos durante o crescimento e maturação do fruto, e sua composição depende dos fatores ambientais, condições de plantio, fase de maturação, pós-colheita e período de armazenamento. Assim, condições de armazenamento controladas podem contribuir para a formação do sabor característico dos frutos (Aguiar, Silvério, Pinho, Lopes, Fidêncio & Ventura, 2014). A identificação dos constituintes aromáticos ajuda a determinar os procedimentos adequados durante o processamento do fruto, para garantir sua alta qualidade e manter o sabor de origem no produto final (Franco & Shibamoto, 2000).

**Tabela 7-**Composição do concentrado volátil da polpa *in natura* e liofilizada de *C. bracteosa* determinado por GC-MS

IR <sub>(C)</sub>	IR <sub>(L)</sub>	Constituinte	<i>In natura</i>	Liofilizada
789	781 <sup>a</sup>	2,3-Hexadienona	3,16	1,75
800	801 <sup>b</sup>	Hexanal	11,11	6,75
848	846 <sup>b</sup>	2 <i>E</i> -Hexenal	20,68	5,26
1027	1030 <sup>a</sup>	2-etil-Hexanol	13,29	18,08
1043	1036 <sup>b</sup>	Benzeno acetaldeído	tr	1,83
1046	1044 <sup>b</sup>	<i>E</i> , $\beta$ -Ocimeno	33,14	49,24
1182	1178 <sup>b</sup>	Nafitaleno	13,71	14,41
1358	1356 <sup>b</sup>	Eugenol	3,22	2,68
<b>Total identificado (%)</b>			<b>98,31</b>	<b>100</b>

IR<sub>(C)</sub>: Índice de Retenção Calculado; IR<sub>(L)</sub>: Índice de Retenção da Literatura; tr: traços (<0,05%)

a: Biblioteca FFNSC; b: Biblioteca Adams

### 3.7 Detecção de lectinas com atividade hemaglutinante

As lectinas pertencem a uma família de proteínas que têm a capacidade de se ligar a carboidratos específicos, reversivelmente e sem alterar sua estrutura. As lectinas estão presentes em alimentos de origem vegetal, como cereais, leguminosas, vegetais e frutas (van Bull & Brouns, 2014). A análise da atividade hemaglutinante pode indicar indiretamente a presença ou ausência de lectinas em Pajurá. Devido à sua capacidade para se ligar a eritrócitos, as lectinas são empregues em investigação relacionada com processos biológicos tais como proliferação celular, apoptose e metástase de células neoplásicas. Estudos têm mostrado que a ingestão de alguns tipos de lectinas pode ser prejudicial à saúde devido à sua possível ligação às células epiteliais, com consequente lesão do epitélio intestinal. Este fato torna-o permeável às toxinas, reduzindo a absorção de nutrientes e possivelmente provocando doenças inflamatórias relacionadas com a desnutrição (van Bull & Brouns, 2014).

O extrato obtido da polpa *in natura* e liofilizado de pajurá não apresentou atividade hemaglutinante quando testado em eritrócitos de camundongos, sugerindo a ausência de lectinas. No entanto, a análise da atividade hemaglutinante usando eritrócitos humanos e de outras espécies animais torna-se necessária para confirmar a ausência de lectinas, uma vez que estas podem reagir com diferentes grupos sanguíneos. Levando em consideração que o Pajura é um fruto silvestre e pouco utilizado pesquisas que comprovem a segurança de seu consumo são necessárias para evitar possíveis desordens nutricionais, que possam prejudicar a saúde dos consumidores.

### 3.8 Capacidade Antioxidante, compostos fenólicos e carotenoides

Os resultados dos testes de capacidade antioxidante, conduzidos com o radical DPPH e o sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, bem como na determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e carotenoides totais, estão descritos na Tabela 6.

Os antioxidantes interagem com o DPPH através da transferência de elétrons ou da doação de hidrogênio neutralizando seu caráter de radical livre (Naik et al., 2003). A polpa *in natura* e a liofilizada de Pajurá apresentaram valores de inibição (I%) de 27,20% e 53,42%, nas concentrações de 12,5 mg/ml e 2,5 mg/ml respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Vasco e colaboradores (2008), a polpa liofilizada pode ser considerada como tendo uma alta capacidade antioxidante, enquanto a polpa *in natura* teria uma baixa capacidade antioxidante. Esta diferença deve estar associada à redução do teor de água na amostra liofilizada da polpa e, portanto, com a consequente concentração de seus compostos bioativos.

No sistema de oxidação do  $\beta$ -caroteno, frequentemente utilizado para avaliar a inibição dos radicais livres gerados pela peroxidação do ácido linoleico, Pajurá apresentou valor de inibição (I%) de 46,83% para polpa *in natura* e 54,33% para polpa liofilizada, em concentrações de 37,03 mg/mL e 7,40 mg/mL, respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Rufino et al. (2010), estas duas polpas teriam uma capacidade antioxidante média (entre 40 e 70%). Estes resultados estão próximos aos obtidos para a polpa de *Euterpe oleracea*, o açaí, *in natura* (31,9%) e liofilizado (76,1%) (Rufino et al., 2010).

Taninos, flavonoides e ácidos fenólicos formam um grupo de moléculas derivadas do metabolismo secundário de plantas, identificadas como compostos fenólicos e com alto poder antioxidante. Nos últimos anos, foram identificados mais de 7.000 flavonoides e, devido à descoberta de numerosas atividades farmacológicas relacionadas com estes compostos, as plantas foram extensivamente estudadas para identificar, quantificar e descobrir novas moléculas e propriedades em outros compostos fenólicos (Villiers, Venter & Pasch, 2016). As polpas *in natura* e liofilizadas de Pajurá apresentaram compostos fenólicos totais relativamente baixos (46,9 mg GAE/100 g e 105,3 mg GAE/100 g, respectivamente) e, em particular quando comparados com outros frutos amazônicos, como o açaí (*Euterpe oleracea*) (454 mg E-AG/100 g) (Rufino et al., 2010).

Os carotenoides são conhecidos por suas propriedades funcionais e capacidade antioxidante significativa, atuando na prevenção de doenças cardiovasculares e degeneração macular, como a provitamina A (Murilo et al., 2013). A polpa *in natura* de Pajurá é uma fonte primária de carotenoides, com conteúdo semelhante ao de Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) e o caju (*Anacardium occidentale*) (400 mg GAE/100g) (Rufino et al., 2010). A polpa liofilizada do Pajurá apresentou um valor muito significativo, próximo ao teor de carotenoides presente na polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) e acerola (*Malpighia punicifolia*) (2.500 mg GAE/100g). Observa-se que a polpa liofilizada preservou os compostos bioativos e a capacidade antioxidante da polpa *in natura*, o que confirma sua eficácia como técnica de conservação de alimentos perecíveis.

**Tabela 8-**Determinação da capacidade antioxidante pelo método DPPH e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e carotenoides totais da polpa liofilizada e *in natura* de *C. bracteosa*

Análises	Polpa <i>in natura</i>	Polpa Liofilizada
DPPH (%I)	27,20 $\pm$ 0,75	53,42 $\pm$ 3,21
DPPH (IC <sub>50</sub> mg/mL)	23,39	2,31
$\beta$ -caroteno/ácido linoléico (%I)	46,83	54,33
Compostos fenólicos totais (mgEAG/100g)	46,92 $\pm$ 4,95	105,29 $\pm$ 2,7
Flavonoides totais (DMACA) (mgEC/100g)	0,36 $\pm$ 0,12	6,96 $\pm$ 0,76
Flavonoides totais (AlCl <sub>3</sub> mgER/100g)	18,06 $\pm$ 1,05	31,11 $\pm$ 2,58
Carotenóides totais ( $\mu$ gE $\beta$ -caroteno/100g)	441,55 $\pm$ 7,20	2518,74 $\pm$ 141,61

mgEAG: miligrama equivalente ácido gálico; mgEC: miligrama equivalente a catequina; mgER: miligrama equivalente rutina;  $\mu$ gE $\beta$ -caroteno: micrograma equivalente  $\beta$ -caroteno. Resultados expressos em média (n=3) e desvio padrão

#### 4 Conclusão

O fruto do Pajurá (*Couepia bracteosa*) se destaca por seu alto teor de fibras totais, principalmente insolúveis, que podem ser úteis no tratamento da constipação e da saúde intestinal. Por ser um fruto fonte de vitamina C, compostos fenólicos totais e carotenoides totais, além de possuir uma capacidade antioxidante significativa, o Pajurá tem potencial como alimento funcional. Além disso, apresenta características físicas e físico-químicas, sendo a polpa de bom rendimento, alto teor de açúcar e baixa acidez, que são considerados aspectos desejáveis para frutos atraentes para o consumidor direto e para a indústria de alimentos.

O processo de liofilização foi efetivo na preservação de constituintes nutricionais e compostos bioativos, provando ser uma ferramenta tecnológica que permitirá um aumento no prazo de validade desses frutos, bem como sua disponibilidade em períodos de baixa estação, com fácil distribuição para locais diferentes da origem. Desta forma, o estudo do Pajurá, como fruto pouco consumido e subutilizado, pode contribuir para o estabelecimento de uma dieta mais saudável e variada, além de estimular a cadeia produtiva e o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

#### 5 Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agências de fomento à pesquisa do governo brasileiro, por seu apoio financeiro.

#### 6 Referências bibliográficas

Adams, P. (2007). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. (4<sup>a</sup> ed.). Carol Stream: Allured Publishing.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, 2016. URL <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>. Acessado em: 25.09.16.

Aguiar, M. C. S., Silvério, F. O., Pinho, G. P., Lopes, S. N., Fidêncio, P. H., & Ventura, S. J. (2014). Volatile compounds from fruits of *Butia capitata* at different stages of maturity and storage. *Food Research International*, 62, 1095-1099.

Al-Rabadi, G. J., Torley, P. J., Williams, B. A., Bryden, W. L., & Gidley, M. J. (2012). Particle size heterogeneity in milled barley and sorghum grains: Effects on physico-chemical properties and starch digestibility. *Journal of Cereal Science*, 56, 396-403.

Berto, A., Silva, A. f., Visentainer, J. V., Mastushita, M., Fernandes, E., & Souza, N. E. (2015). Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. *Food Research International*.

BRASIL.(2010). Farmacopéia Brasileira (5ª ed.). Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Brasília.

Calderón de La Barca, A. M., Ochoa, J. L., & Valencia, M. E. (1985). Effect of the extraction of a hemagglutinin on the nutritive value of *Amaranthus leocarpus* seeds. *Journal of Food Science*, 50(6), 1700-1702.

Carvalho, J. E. U., & Müller, C. H. (2005). Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. *Comunicado Técnico*, 139, 1-3.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Cherin, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.

Cunniff, P., & Association of Official Analytical Chemists. (1995). *Official methods of analysis of AOAC international*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Delcour, J. A., Janssens de Varebeke, D. (1985). A new colorimetric assay for flavonoids in pilsner beers. *Journal of the Institute of Brewing*, 191, 37-40.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411–421.

Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1992) Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.

Englyst, H. N., Veenstra, J., & Hudson, G. J. (1996). Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. *British Journal of Nutrition*, 75, 327-337.

Falcão, A. M., Lieras, E., Kerr, W. E. (1981). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Pajurá (*Couepia bracteosa* Benth) (Chrysobalanaceae). *Acta Amazonica*, 11, 473-482.

Franco, M. R. B., & Shibamoto, T. (2000). Volatile Composition of Some Brazilian Fruits: Umbu-caja (*Spondiascitherea*), Camu-camu (*Myrciariadubia*), Aracüa-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuaçu (*Theobromagrandiflorum*). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 1263-1265.

Food and Nutrition Board., Institute of Medicine., National Academies. Dietary Reference Intakes (DRIs): Estimated Average Requirements, 2000. URL [https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended\\_intakes\\_individuals.pdf](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf). Acessado em 15.09.16.

Genovese, M. I., Pinto, M. S., Gonçalves, A. E. S. S., & Lajolo, F. M. (2008). Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. *Food Science and Technology International*, 17, 207- 214.

Gordon, A., Jungfer, E., Silva, B. A., Maia, J. G. S., Marx, F. (2011). Phenolic Constituents and Antioxidant Capacity of Four Underutilized Fruits from the Amazon Region. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 7688–7699.

Instituto Adolfo Lutz. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. (4ª ed). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p.

Khan, G. R., & Scheinmann, F. (1978). Some recent advances in physical methods for analysis and characterization of polyunsaturated fatty acids. *Prog Chem Fats Other Lipids*, 15(4), 343-367.

Leonel, M., Mischán, M. M., Pinho, S. Z., Iatauro, R. A., & Duarte Filho, J. (2006). Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, 26(2), 459-464.

Lim, W., Gan, M., Ong, M., & Chew. (2015). Lauric acid abolishes interferon-gamma (IFN- $\gamma$ )-induction of intercellular adhesion molecule-1 (ICAM-1) and vascular cell adhesion molecule-1 (VCAM-1) expression in human macrophages. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4(3), 217-221.

Marques, L. G., Silveira, A. M., & Freire, J. T. (2013). Drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology: An International Journal*, 24(4), 457-463.

Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237.

Mondello, L. (2011). Flavors and Fragrances of Natural and Synthetic Compounds. (2ª ed.). Wiley.

Murilo, E., Giuffrida, D., Menchaca, D., Dugo, P., Torre, G., Meléndez-Martínez, A. J., & Mondello, L. (2012). Native carotenoids composition of some tropical fruits. *Food Chemistry*, 140(4), 825-836.



- Naik, G. H., Priyadarsini, K. I., Satav, J. G., Banavalikar, M. M., Sohoni, P. P., Biyani, C. K. & Mohan H. (2003). Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. *Phytochemistry*, 63, 97-104
- Neves, L. C., Tosin, J. C., Benedette, R. M., & Cisneros-Zevallos, L. (2015). Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. *Food Chemistry*, 174, 188-196.
- Nickerson, G. B., Likens, S. T. (1966). Gas chromatographic evidence for the occurrence of hop oil components in beer. *Journal of chromatography*, 21, 1-5.
- NIST (National Institute of Standards and Technology) (2005). Mass Spectral Library (NIST/EPA/NIH) (2<sup>a</sup> ed.). The NIST Mass Spectrometry Data Center: Gaithersburg.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. (1<sup>a</sup> ed) Washington: OMNI Research, 71p.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., E Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996-1002.
- Schwingshalckl, L., & Hoffmann, G. (2014). Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lipids in Health and Disease*, 13, 154-169.
- Shi, S., Wang, W., Liu, L., Shu, B., Wei, S., Jue, D., Fu, J., Xie, J., & Liu C. (2016). Physico-chemical proprieties of longan fruit during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 207, 160-167.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventus, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Van den Dool, H., & Kratz, P. D. J. A. (1963). Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal Chromatography*, 11, 463-471.
- Van Bull. V. J., & Brouns, F. J. P. H. (2014). Health effects of wheat lectins: a review. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 112-117.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816-823.
- Villiers, A., Venter, P., & Pasch, H. (2016). Recent advances and trends in the liquid-chromatography-mass spectrometry analysis of flavonoids. *Journal of Chromatography*, 1430, 16-78.

**Destaques**

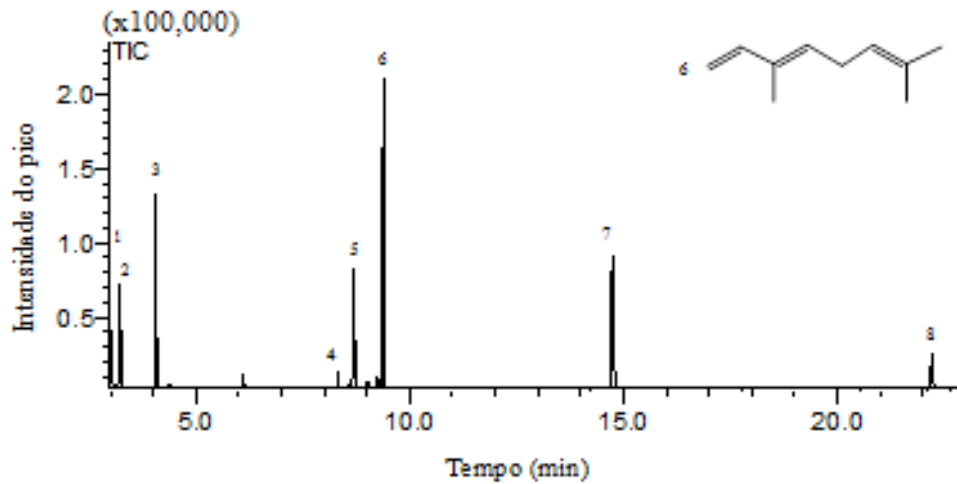
- ✓ O teor total de fibras do fruto pode ser útil no tratamento da saúde intestinal.
- ✓ O fruto apresenta características próprias à agroindústria.
- ✓ O processo de liofilização preservou as propriedades nutricionais da polpa de frutas.
- ✓ O fruto de Pajurá tem potencial real como alimento funcional.

**ANEXOS:****Anexo I: Identificação botânica e registro das exsicatas****Herbário HSTM**

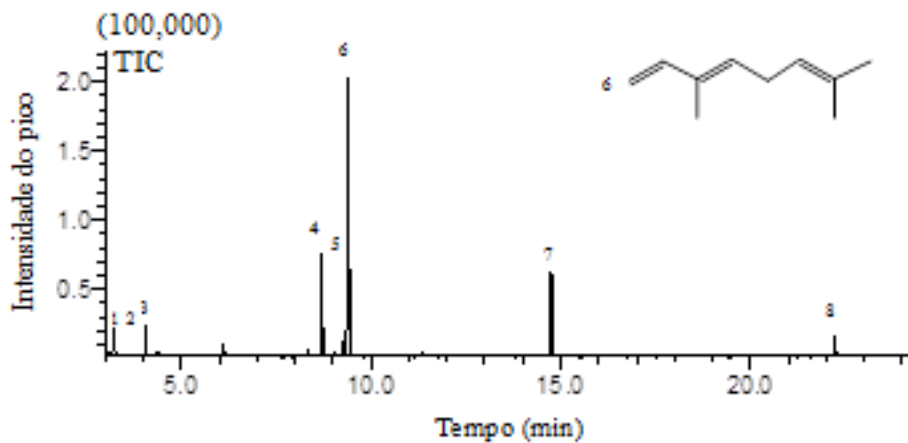
Nº 000094

**Família:** CHRYSOBALANACEAE**Espécie:** *Couepia bracteosa* Benth.**Det.:** Suemitsu, C.**Data:** 28 julho 2015**Localidade:** Brasil, Pará, Santarém, Vila de Alter do Chão, zona urbana..**Coordenadas:****Altitude:** 21mm**Coletor:** Suemitsu, C. 365  
& Mourão, R.H.V.**Data:** 1 maio 2015**Notas:** Árvore; 8m de altura tronco ligeiramente inclinado recostado a um muro, fuste a 4m, copa larga densamente folhosa. Ritidoma espesso, cinza claro, placas retangulares pequenas, discretas, reticulares. Nos ramos terminais, eixo com casca escuras enegrecida.

## Anexo II: Cromatograma dos concentrados voláteis da polpa *in naturae* liofilizada de Pajurá

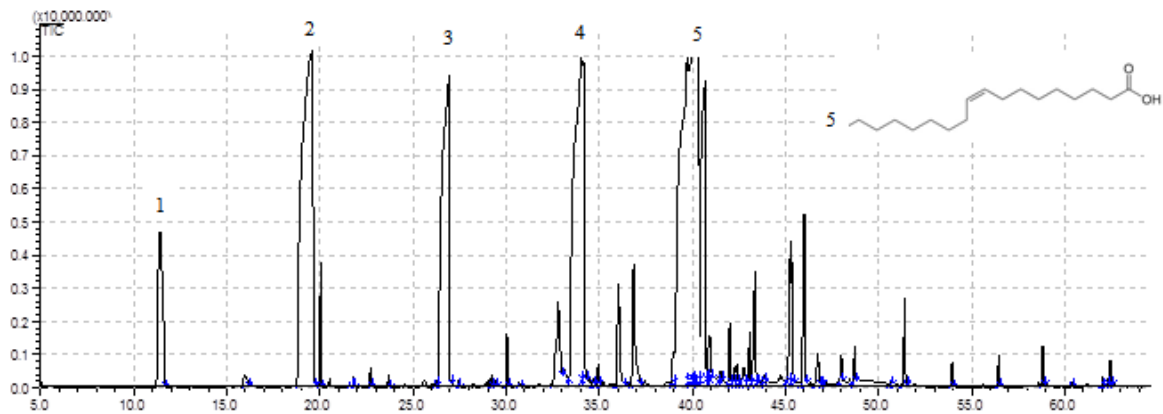


**Figura 1** –Cromatogramapolpa *in natura* de Pajurá por GC-MS, nas condições cromatográficas descritas no texto. Identificação dos picos: 1) 2,3-Hexadienone; 2) Hexanal; 3) (2*E*)-Hexenal; 4) 2-Etil hexanol; 5) Fenilacetaldéido; 6) (*E*)- β-Ocimeno; 7) Nafitaleno; 8) Eugenol.



**Figura 2** -Cromatograma polpa liofilizada de Pajurá por GC-MS, nas condições cromatográficas descritas no texto. Identificação dos picos: 1) 2,3-Hexadienone; 2) Hexanal; 3) (2*E*)-Hexenal; 4) 2-Etil hexanol; 5) Fenilacetaldéido; 6) (*E*)- β-Ocimeno; 7) Nafitaleno; 8) Eugenol.

**Anexo III: Cromatograma de ésteres metílicos de ácidos graxos da fração lipídica da polpa *in natura* de *C bracteosa*.**



**Figura 3** -Cromatograma polpa *in natura* de Pajurá por GC-MS, nas condições cromatográficas descritas no texto. Identificação dos picos: 1) ácido cáprico; 2) ácido láurico; 3) ácido mirístico; 4) ácido palmítico; 5) ácido oleico.

**Anexo IV: Manuscrito submetido para publicação na revista FoodChemistry**

Physical and chemical characterization of Pajurá (*Couepia bracteosa* Benth.) pulp, an underutilized fruit from the Amazon region

Lais Tatiele Massing<sup>a\*</sup>, Leoneide Érica M. Bouillet<sup>b</sup>, Regiane Sablina Bernardes<sup>b</sup>, Eloisa Helena A. Andrade<sup>c</sup>, Aginaldo Tremea<sup>d</sup>, Jesus Nazareno da S. Souza<sup>e</sup>, José Guilherme S. Maia<sup>b</sup>,  
Rosa Helena V. Mourão<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biociências, <sup>b</sup>Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental, Universidade Federal do Oeste do Pará, 68035-110 Santarém, PA, Brasil.*

<sup>c</sup>*Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goelgi, 66077-830, Belém, PA, Brasil.*

<sup>d</sup>*Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 68040-060 Santarém, PA, Brasil.*

<sup>e</sup>*Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, 66095-780 Belém, PA, Brasil.*

\*Corresponding author

Email address: [laismassing@hotmail.com](mailto:laismassing@hotmail.com) (L.T. Massing)

## ABSTRACT

*Couepia bracteosa* Benth. (Chrysobalanaceae), popularly known as pajurá, is a fruit species native to the Amazon, with exotic flavor and little explored commercially. The present study described its physicochemical characterization, chemical composition and the antioxidant and hemagglutinating activities in the *in natura* and lyophilized pulp of Pajurá. The fruits are characterized by low acidity, a high percentage of sugars, high total fiber content (34.2%) and average antioxidant capacity (DPPH, 53.4%;  $\beta$ -carotene/linoleic acid, 54.3%) and absence of haemagglutinating activity. The pulp presented a pleasant aroma with high content of (*E*)- $\beta$ -Ocimene (49.2%), in addition to the presence of vitamin C (20 mg/100g), total phenolic compounds (105 mg GAE/100g), total carotenoids (2518  $\mu$ g  $\beta$ -carotene E/100g) and oleic (30.2%), lauric (18.1%) and palmitic (16.1%) and myristic (11.1%) acids as major constituents of their lipid fraction. These results contribute to a better use of the fruit, which has potential application as a new functional food.

*Keywords:* pajurá, physicochemical characterization, centesimal composition, antioxidant capacity, total phenolics and total carotenoids

## 1. Introduction

In addition to the organoleptic characteristics, the fruits have attracted the attention of researchers and consumers due to the presence of minerals, vitamins, bioactive compounds and fibers that are associated with the risk reduction of chronic non-communicable diseases, such as cancer and cardiovascular diseases (Vasco, Ruales And Kamal-Eldin, 2008; Neves, Tosin, Benedette & Cisneros-Zevallos, 2015).

In Brazil, it is estimated that 44% of the species of native fruit plants are located in the Amazon region, which is considered an important reserve of food and medicinal plants

worldwide. However, most of the native fruits of the Amazon are wild or cultivated only for the local market, not having defined its economic potential. This fact is due to the absence of studies related to crop growth conditions, the lack of composition data, nutritional value and the presence of bioactive compounds and the commercialization possibilities (Gordon, Jungfer, Silva, Maia & Marx, 2011; Neves, Tosin, Benedette & Cisneros-Zevallos, 2015).

*Couepia bracteosa* Benth. (Chrysobalanaceae), popularly known as Pajurá, is a fruitful species native to the Brazilian Amazon, found in the states of Amazonas, Pará, and Roraima. The tree is 12 to 25 meters long, produces globular fruit type drupe of brown epicarp and yellowish pulp, thick and granular, with a pleasant aroma and sweet taste. The harvest occurs between November and May, and the fruit is consumed regionally *in natura* or as an ingredient in desserts (Falcão, Lleras & Kerr, 1981; Berto, Silva, Visentainer, Matsushita, Fernandes & Souza, 2015).

Although the consumption of Amazonian fruit has a regional predominance, these present great possibilities for agroindustrial purposes. Also, the research that seeks to identify fruits with functional properties also promotes commercial value for the species and, as a consequence, can benefit thousands of family farmers, and contribute to the sustainable development of the region (Genovese, Pinto, Gonçalves & Lajolo, 2008). The greatest challenge for the exploration and commercialization of new fruit species, particularly in the most distant and difficult to reach regions, is the preservation of their organoleptic characteristics and nutritional value, due to their perspective of high perishability during transportation.

The post-harvest loss of fruit in Brazil reaches 30%. These losses stem from the choice of inappropriate cultivars, improper post-harvest techniques, transport conditions, and inadequate storage for products. On the other hand, there is a growing interest in processed fruits, both domestically and abroad, due to the demand for healthy foods that are convenient and ready for consumption, with long shelf lives and to providing seasonal fruits throughout the



year. Thus the dehydration process becomes a real option to maintain fruit quality, both for direct consumption and in the form of ingredients for new preparations (Marques, Silveira & Freire, 2013). As they are rich in vitamins and antioxidants, among other heat-sensitive nutrients, fruits, when processed by conventional dehydration methods, may have reduced their nutritional value and organoleptic characteristics. Thus, the lyophilization process is considered one of the most suitable for maintaining the essential aspects of the fruits (Marques, Silveira & Freire, 2013).

The objective of the present work was to characterize the physical, physicochemical and analytical aspects of the centesimal composition, antioxidant properties, total phenolics and total carotenoids, and the hemagglutinating activities of the fresh and lyophilized pulp of *C. bracteosa*. It was performed to identify characteristics and benefits for the human consumption, as well as how to detect other eventual functional attributes.

## **2. Materials and Methods**

### *2.1. Drugs and reagents*

The reagents Folin-Ciocalteu, Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and DMACA (p-dimethylaminocinnamaldehyde), Amyloglucosidase, pancreatin and invertase, gallic acid, catechin, rutin, linoleic acid,  $\beta$ -carotene and the methylated fatty acid solution (37 Component Fame Mix) were purchased from Sigma-Aldrich (USA); The enzymatic product glucose oxidase-peroxidase (Liquiform) was purchased from Labtest Diagnostica (Brazil); The LMW GE 17044601 (97 to 14.4 KD) molecular weight calibration standard (BIO-RAD, Brazil) was used. The other reagents and solvents were all from analytical grade.

### *2.2. Collection data, fruit physical characterization and sample preparation*

The fruits of *Couepia bracteosa* were collected in the community of Alter do Chão (coordinates 02°30'18.7" S and 054°56'39.4" W), municipality of Santarém, state of Pará, Brazil, in January and February 2016. Plant samples (aerial parts) were deposited in the herbarium of Federal University of West Pará (UFOPA), with the number HSTM 000094. After cleaning and sanitization, ten fruits were randomly chosen for the following biometric analyses: (1) transverse and longitudinal diameter of the fruit and seed, measured with a standard caliper; (2) individual weighing of the whole fruit, pulp, seed and bark, with the aid of a digital scale. The fresh and lyophilized pulp were stored at -18 ° C, for further analysis.

### 2.3. *Physical-chemical characterization of pulp*

Reducing and non-reducing sugars of the fresh and lyophilized pulp were determined by titration in Fehling's solution, and the values expressed as percentages of reducing and non-reducing sugars for 100 g of pulp. The titratable total acidity (TTA) of the samples was determined by titration and the results described as acid percent for 100 g of pulp. Total Soluble Solids (TSS) were quantified by refractometry and the result expressed in Brix degree. All the tests were performed in triplicate, according to the methodology proposed by the Instituto Adolfo Lutz (2008).

The granulometric analysis, water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI) were determined to identify possible technological properties for the material resulting from the process of pulp lyophilization. The granulometry was measured in six different sieves, with openings between 75 and 600  $\mu\text{m}$  (ANVISA, 2010). The WSI and WAI values were obtained by diluting the sample in distilled water (1:10). The mixture was stirred and centrifuged (30 min) and the supernatant transferred to an oven (105 °C, 4 h). Then, after cooling and weighing to determine the WSI value, the precipitate was again weighed and cal-

culated the difference between the weight dry and weight wet, for determination of the WAI value (Leonel, Mischán, Pino, Iatauro & Duarte Filho, 2006).

#### 2.4. Centesimal composition of the pulp

Contents of ash, moisture and proteins were determined by methodologies of the Instituto Adolfo Lutz (2008), and values were expressed in g/100g. Total nitrogen was converted to protein by multiplying the 6.25 conversion factor. The soluble protein had the molar weight determined by SDS-PAGE electrophoresis (Laemmli, 1970). The lipid concentration of the samples was determined by the Bligh & Dyer method (1959). Total fibers, soluble and insoluble, were determined by 991.43 AOAC method, according to Cunniff & Association of Official Analytical Chemists (1995). The carbohydrate content was determined by excluding the values of ash, moisture, proteins, lipids and fibers (g/100g) in the centesimal composition. The total energy value was estimated by multiplying the conversion factor of 4 Kcal/g for carbohydrates and proteins and 9 Kcal/g for lipids. Vitamin C was quantified by the method of Tillmans, (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

#### 2.5. Fatty acid characterization

The lipids were first extracted in a Soxhlet apparatus to identify the fatty acids present in the *C. bracteosa* pulp, using *n*-hexane and acetone as solvents. Subsequently, lipid esterification was performed according to Khan & Scheinmann (1978) methodology.

The identification of the fatty acids was made by GC-MS, using a QP-2010-Plus equipment (Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan), with MS Solution software and standard libraries (Adams, 2007; NIST, 2011). A silica capillary column (Rtx-5ms, 30m x 0.25mm x 0.25µm) was used. The conditions of analysis were: injector temperature 250 °C; oven temperature programming 100 °C (5 min), with a gradient from 4 °C/min to 260 °C (20 min); car-

rier gas, helium (1.2 ml/min); split-type injection of 1.0  $\mu$ l of the sample; Ionization by electronic impact, 70 eV; Ion source and transfer line temperatures of 220 °C and 250 °C, respectively. The constituents were identified by the retention time of the standards and by comparing their respective mass spectra with those of the libraries as mentioned earlier.

## 2.6. Carbohydrates digestibility

Carbohydrate digestibility was determined according to Englyst, Kingman & Cummings (1992) methodology. Initially, 5 ml of an enzymatic mixture of pancreatin (0.75 g), 400  $\mu$ l amyloglucosidase (120U) and 5 mg of invertase (1.5 U) were prepared. The pulp sample (0.25 g) was incubated in a water bath at 37 °C, using 10 ml sodium acetate buffer (0.1 M pH 5.2) and 2.5 ml of the enzyme mixture. Aliquots of the mixture (0.25 ml) were withdrawn at the intervals of zero, 20 and 120 min and transferred to tubes containing absolute ethanol (2 ml). Then, the sample was boiled at 100 °C for 30 min, cooled and added with 5 ml of potassium hydroxide (7 M), followed by treatment with amyloglucosidase (60 U). The amount of glucose released at each interval was quantified with the glucose oxidase-peroxidase reagent. The content of the different fractions was defined as rapidly digestible starch (up to 20 min), slowly digestible (20 to 120 min) and resistant (after 120 min).

## 2.7. Extraction and analysis of the volatiles concentrate of the fruit

To obtain the volatiles concentrate, 5 g of the pulp *in natura* and lyophilized were subjected to extraction with a simultaneous distillation-extraction microsystem, using a Nicker-son & Likens type apparatus coupled to a condensation water cooling system, between 5 and 10 °C, for 2 hours. *n*-Pentane was used as the solvent (4 ml). The volatiles concentrate analysis was done by GC-MS, under the working conditions mentioned above, except the oven temperature programming which was 60-240 °C (3 °C/min). The mass spectra were obtained

by automatic scanning, at 0.3 s each, with mass fragments varying from 35 to 400 m/z. The retention index was calculated for all components of the mixture using a homologous series of C8-C20 *n*-alkanes (Sigma-Aldrich) (Van den Dool & Kratz, 1963). The constituents were identified by comparing their mass spectra (molecular mass and fragmentation pattern) with the spectra in the libraries of the system, in consultation with the literature and when matched their retention indices.

### *2.8. Detection of lectins with hemagglutinating activity*

The detection of lectins with hemagglutinating activity in the Pajurá pulp was performed according to Calderón de La Barca, Ochoa & Valencia (1985), using microtiter plates. After serial dilution (1:2, 1:4, 1:8) of the pulp *in natura* and lyophilized in sodium phosphate buffer (pH 7.4), the obtained solutions were incubated with 50 µl of a mouse (Wistar) erythrocyte suspension to 4%, at room temperature. Visual readings and with a magnifying glass were used to verify the hemagglutination of erythrocytes after 60 and 90 min. Wells containing only the sodium phosphate buffer and the erythrocyte suspension served as controls.

### *2.9. Preparation of extracts for determination of antioxidant capacity and quantification of total phenolics, total flavonoids, and total carotenoids*

#### *2.9.1. Lipophilic extract*

The lipophilic extract was obtained according to Rodriguez-Amaya (2001). Briefly, the sample (6 g) was macerated with 50 ml of cooled acetone. The resulting extract was filtered and transferred to a separatory flask, where 40 ml of petroleum ether and 150 ml of distilled water were added. After separation of the phases, the lower phase containing water and acetone was removed. The water washing process was repeated three more times. In the end, the

organic phase was filtered on filter paper containing anhydrous sodium sulfate and transferred to a 50 ml volumetric flask, supplemented with an additional portion of petroleum ether.

### 2.9.2. *Hydrophilic extract*

The hydrophilic extract was prepared with acetone solution (70.0%), distilled water (29.5%) and acetic acid (0.5%), according to Gordon, Jungfer, Silva, Maia & Marx (2011). The ratio of the sample and extract solution was 2:8 for the lyophilized pulp and 1:1 for the *in natura* pulp. The mixture was homogenized in Shaker Incubator at 80 rpm (1 h) at room temperature and then filtered. The process was repeated two more times, under the same conditions as the initial extraction.

### 2.9.3. *Ethanolic extract*

The ethanolic extract of the pulp *in natura* and lyophilized was made in the proportion of 1:2 and 1:10 (pulp: ethanol), respectively. The mixture was stirred (1 h), centrifuged (5000 rpm) at the temperature of 15 °C (10 min) and filtered.

### 2.10. *Determination of total carotenoids*

Carotenoids were quantified according to Rodriguez-Amaya (2001), based on the lipophilic extract and absorbance reading at 450 nm. The results were calculated by the absorbance coefficient of petroleum ether and expressed in  $\mu\text{g}$  equivalents of  $\beta$ -carotene per 100 g of pulp ( $\mu\text{g } \beta\text{-caroteneE}/100\text{g}$ ).

### 2.11. *Determination of total phenolic compounds*

The concentration of total phenolic compounds was determined by the Folin-Ciocalteu colorimetric method (Singleton, Orthofer & Lamuela-Raventus, 1999). A 500  $\mu\text{l}$  aliquot of the

hydrophilic extract was added to 1250  $\mu\text{l}$  of a sodium carbonate solution (75 g/l) and to 250  $\mu\text{l}$  of the Folin-Ciocalteu (1 N) solution. The mixture was homogenized and incubated sheltered from light (30 min) and the reading performed at wavelength 735 nm. A calibration curve of gallic acid was constructed, and the results were expressed in milligrams of gallic equivalents per 100 g of pulp (mg GAE/100g).

## 2.12. Determination of total flavonoids

### 2.12.1. *p*-Dimethylaminocinnamaldehyde colorimetric method

To the hydrophilic extract (400  $\mu\text{l}$ ) was added DMACA (*p*-dimethylaminocinnamaldehyde) solution (2000  $\mu\text{l}$ ) (Delcour & Janssens de Varebeke, 1985). After incubation (10 min), protected from light, the reading was performed at wavelength 640 nm. The total flavonoids content was calculated using a calibration curve of the catechin and the results expressed in milligrams of equivalents of the catechin per 100 g of pulp (mg CE/100g).

### 2.12.2. Aluminum chloride colorimetric method

To the hydrophilic extract (1000  $\mu\text{l}$ ) was added a methanolic solution of aluminum chloride (2%) (1000  $\mu\text{l}$ ) (Chang, Yang, Wen & Cherin, 2002). The reading was carried out at wavelength 430 nm, after incubation period (10 min) protected from light. The total flavonols content was calculated using a rutin calibration curve and the results expressed in milligrams of rutin equivalents per 100 g of the pulp (mg RE/100g).

## 2.14. Antioxidant activity by the DPPH method (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)

The antioxidant activity of the ethanol extract of *C. bracteosa* was determined by a methodology proposed by Miliauskas, Venskutonis and Van Beek (2004). 75  $\mu\text{l}$  aliquots of the *in*

*natura* and lyophilized pulp extract (concentrations of 0.39 to 12.5 mg/ml and 0.078 to 2.5 mg/ml, respectively) were added to 2925  $\mu$ l of the DPPH methanolic solution (60  $\mu$ M). The absorbance of the solutions was measured at 517 nm after 5, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 min of reaction. Trolox was used as standard (1 to 5  $\mu$ g/ml in ethanol). Results were expressed by inhibition of concentration (IC<sub>50</sub>, mg/ml) and percent inhibition (I%).

#### 2.15. Antioxidant activity by the $\beta$ -carotene/linoleic acid bleaching system

For its determination, a reactive mixture was prepared with 20  $\mu$ l of linoleic acid, 265  $\mu$ l of Tween 40, 1.0 ml of  $\beta$ -carotene solution (0.2 mg/ml in chloroform) and 50 ml of water previously saturated with oxygen for 30 min and, then the orange-yellow color mixture was vigorously stirred. The test was performed by adding a 2.5 ml aliquot of the reactive solution and 200  $\mu$ l of the ethanolic extract (37.03 mg/ml of the *in natura* pulp and 7.4 mg/ml of the lyophilized pulp) and incubated in a 50 °C water bath. The absorbance reading at 470 nm was monitored from time zero and every 15 min for 2 h. The same procedure was performed for the control (ethanol) and Trolox standard (1mg/ml in ethanol). The results were expressed as percent inhibition of oxidation (I%) (Rufino, Alves, Brito, Pérez-Jiménez, Saura-Calixto & Mancini-Filho, 2010).

#### 2.16. Statistical analysis

All assays were performed in triplicate and the results expressed as the mean  $\pm$  standard deviation.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Physical characterization of fruit



The biometric characteristics of the *C. bracteosa* fruit are described in Table 1. The fruits are oviform with a mean longitudinal length of  $9.5\pm 1.1$  cm and a transverse cross-section of  $6.75\pm 0.1$  cm and the average weight of  $257.8\pm 46.5$  g. In percentage terms, pulp, bark, and seed presented average values of 51.3%, 22.6%, and 26.1%, respectively. These results are very close to those previously described (Carvalho & Müller, 2005; Falcão et al., 1981). In the comparison, although the fruits were collected in distinct areas of the Amazon (states of Pará and Amazonas), it is observed that these have similar physical characteristics, which justifies a homogeneity in the species.

The analyzed samples showed an average yield profile for the fruit, contributing to its use as a new food source with significant nutritional value. Other traditional fruits such as açai (*Euterpe oleracea*), bacuri (*Platonia insignis*), and pequiá (*Caryocar villosum*), classified as low yield, have good acceptance and are considered of high economic value (Carvalho & Müller, 2005).

### 3.2. Physical-chemical characterization of pulp

The results obtained with the physicochemical analysis of the pulp in natura and lyophilized of Pajurá are in Table 2. The values of total titratable acidity (TTA) ( $0.66\pm 0.06\%$  and  $3.49\pm 0.01\%$ ) and total soluble solids (TSS) ( $12.0\pm 0.0\%$  and  $32.8\pm 1.39\%$ ) are related to the degree of maturation, with the sugar content and are considered indicators of fruit flavor (Shi et al., 2016). Reducing sugars content in in natura ( $16.75\pm 1.33\%$ ) and lyophilized ( $4.04\pm 0.17\%$ ) pulps was higher when compared to non-reducing sugars ( $30.59\pm 2.20\%$  and  $20.47\pm 0.0\%$ , respectively). Based on these results, it is possible to observe that the Pajurá fruit has attributes palatable to consumption, both in natura and lyophilized, which may arouse the interest of consumers and agribusiness.

The granulometric analysis of the pulverized lyophilized pulp found the presence of granules with different diameter, with predominance (55.31%) of particles equal to or less than 75  $\mu\text{m}$ . The size of the particles influences the rheological characteristics of the pulverized foods, such as water absorption, solubility, and intumescence. At the same time, small particles have a larger contact surface, which is advantageous when used in a blend of ingredients (Al-Rabadi Torley, Williams, Bryden & Gidley, 2012). The water solubility index was  $3.77 \pm 0.03\%$ , and the water absorption index was  $2.63 \pm 0.08 \text{ g / g}$ , in the lyophilized pulp. The evaluation of these indices allows to identifying the hygroscopic characteristics of the pulp and its quality in technological terms, considering the incorporation and development of new food products. Also, it provides the choice of suitable packaging for product storage.

Thus, the physico-chemical analysis of the lyophilized pulp of Pajurá shows great potential for its use as a food ingredient, considering that solubility and granulometry ensure that it is easily incorporated into preparations. The values of acidity index, reducing sugar and non-reducing sugar and other components responsible for aroma and flavor, have unique sensory attributes, which may lead to the formulation of differentiated food products. It should be noted that in the lyophilization process the concentration of the volatile constituents is largely preserved, which may increase the flavor of the pulp, a fact of significant interest in establishing a new product based on the fruit. It is noteworthy that with dehydration there is an increase in the energy value of the pulp. This will involve reducing the size of the portion of the fruit to be consumed or even added to the preparations. Finally, it should be taken into account that lyophilization reduces the perishability of the fruit, which would result in the fermentation of carbohydrates. Therefore, allowing longer shelf life and availability for the fruits.

### *3.3. Centesimal composition of the pulp*

The centesimal composition of the *in natura* and lyophilized pulps is in Table 3. Due to the high water content (62.21%), the pulp *in natura* presented lower energetic value than the lyophilized pulp, as well as carbohydrates, proteins, lipids, ashes, fibers and Vitamin C. The *in natura* pulp is considered hypocaloric since it has less than 1.0 kcal/g. On the other hand, based on the dehydration process, the lyophilized pulp is considered to be hypercaloric, with more than 2.0 kcal/g, due to the concentration of nutrients. In a previous analysis of the centesimal composition of *in natura* pulp of Pajurá, collected the state of Amazonas, Brazil, was reported a total calorific value of 169.73 kcal/100 g (Berto, Silva, Visentainer, Matsushita, Fernandes & Souza, 2015). However, these authors did not determine the fiber content, which may have overestimated the energy value of carbohydrates.

The electrophoresis analysis showed that the soluble proteins of the pulp *in natura* and lyophilized have a molecular weight of 97.81, 71.56, 40.35, 28.02, 20.50 and 15.29 kD, justifying that the dehydration process did not interfere with the protein structure of the fruit. It was observed that 100 g of the *in natura* pulp can supply 9.28% of the daily intake of vitamin C for men (75 mg/day) and 11.61% for women (60 mg/day). About the lyophilized pulp, 100 g supplies 26.81 and 33.51% of the recommendation for men and women, respectively (Food Nutrition, Institute of Medicine & National Academies, 2000). The results demonstrate that vitamin C present in the fruit pulp was preserved during the lyophilization process. Thus, although the fruit does not present a high concentration of vitamin C, its consumption of the pulp *in natura* and lyophilized can complement the daily nutritional need.

Pajurá was distinguished by its high fiber composition, both *in natura* (14.62±0.0%) and lyophilized (34.7±0.0%) pulps, and could be classified as a food with significant functional properties, presenting a minimum value above that recommended In Brazil (2.5 g fibers in a 100 g portion) (ANVISA, 2016). The role of fiber in the gastrointestinal system is still complex and related to its solubility. Soluble fiber is associated with reduced blood cholesterol

levels, reduced rate of gastric emptying, and absorption of carbohydrates and lipids. Insoluble fiber increases peristalsis, avoiding constipation. It is fermented by the intestinal flora producing short chain fatty acids. Studies relate the consumption of fiber from fruits, vegetables and cereals to reduce the risk of colon cancer, in the diabetes control, cardiovascular disease and obesity, among others (Elleuch, Bedigian, Roiseux, Besbes, Blecker & Attia, 2011).

Thus, the consumption of pajurá or the use of lyophilized pulp as ingredients of new preparations may be utilized by the food industry to benefit the health of future consumers. Also, due to the high concentration of fibers, the fruit can be exploited using its extraction for pharmacological purposes or as a food supplement. However, other studies are still needed to identify these fibers and their effect on the human body.

#### *3.4. Fatty acids composition*

The fatty acids composition of the Pajurá pulp is shown in Table 4. Eighteen fatty acids were identified, with predominance of oleic acid (C18:1, 30.2%), lauric acid (C12:0, 18.1%), palmitic acid (C16:0, 16.1%), myristic acid (C14:0, 11.1%), stearic acid (C18:0, 6.4%) and capric acid (C10:0, 3.7%). Low contents were observed for the following long chain fatty acids: arachidic (C20:0, 2.2%), behenic (C22:0, 0.7%) and lignoceric (C24:0, 0.7%).

The lauric and oleic acids are necessary for human nutrition, with proven benefits associated with their consumption. Lauric acid has antioxidant and anti-inflammatory properties, reducing the risk of cardiovascular diseases (Lim, Gan, Ong & Chew, 2015). Oleic acid ( $\omega$ 9), one of the most common monounsaturated fatty acids and present in food oils, is the major constituent of olive oil and has potential action in the primary and secondary prevention of cardiovascular diseases (Schwingshackl & Hoffmann, 2014). These results stimulate new research to verify the beneficial effect of Pajurá consumption for prevention and treatment of

pathologies associated with eating habits, as is the case of chronic non-communicable diseases.

### 3.5. Carbohydrate digestibility

The carbohydrates present in the *in natura* and lyophilized pulp of Pajurá were digested by the enzymes in the first 20 minutes of the reaction, being classified as rapidly digestible, and the presence of resistant starch in both pulps was not identified. These results allow us to conclude that carbohydrates in the fruit are readily available for absorption, which can raise postprandial glucose levels in the bloodstream. However, carbohydrate digestibility alone does not influence its glycemic index. It depends on factors such as gastric emptying rate, the amount of fat and proteins in the food, differences in the extent of chewing, amount of pancreatic amylase produced and rate of absorption of intestinal glucose (Englyst, Veenstra & Hudson, 1996).

### 3.6. Composition of volatile concentrates of fresh and lyophilized pulps

The constituents identified in the volatile concentrates of the *in natura* and lyophilized pulps are listed in Table 5. Eight constituents were identified, whose sum corresponds to 98.4% and 100.0% of the composition of volatile concentrates in the *in natura* and lyophilized pulps, respectively. In decreasing order the constituents were (*E*)- $\beta$ -ocimene (33.1% and 49.2%), (*2E*)-hexanal (20.8% and 5.3%), naphthalene (13.7% and 14.3%), 2-ethylhexanol (13.3% and 18.1%), hexanal (11.1% and 6.8%), eugenol (3.2% and 2.7%), 2,3-hexadienone (3.2% and 1.8%) and phenylacetaldehyde (traces and 1.8%).

Volatile constituents are produced during fruit growth and maturation, and their composition depends on environmental factors, planting conditions, maturation stage, post-harvest period and storage period. Thus, controlled storage conditions may contribute to the formation

of the characteristic fruit flavor (Aguiar, Silvério, Pinho, Lopes, Fidêncio & Ventura, 2014). The identification of aroma constituents helps to determine the appropriate procedures during the processing of the fruit, to guarantee its high quality and to maintain the flavor of origin in the final product (Franco & Shibamoto, 2000).

### 3.7. *Detection of lectins and haemagglutinating activity*

Lectins belong to a family of proteins that have the ability to bind to specific carbohydrates, reversibly and without altering their structure. Lectins are present in foods of plant origin such as cereals, legumes, vegetables and fruits (van Bull & Brouns, 2014). The analysis of the hemagglutinating activity may indirectly indicate the presence or absence of lectins in Pajurá. Because of their ability to bind to erythrocytes, lectins are employed in research related to biological processes such as cell proliferation, apoptosis, and neoplastic cell metastasis. Studies have shown that the ingestion of some types of lectins may be detrimental to health due to its possible attachment to epithelial cells, with consequent damage to the intestinal epithelium. This fact makes it permeable to toxins, reducing nutrient absorption and possibly triggering inflammatory diseases related to malnutrition (van Bull & Brouns, 2014).

The extract obtained from the pulp *in natura* and lyophilized of pajurá did not present hemagglutinating activity when tested in erythrocytes of mice, suggesting the absence of lectins. However, analysis of the hemagglutinating activity using human erythrocytes and from other animal species becomes necessary to confirm the lack of lectins, since these can react with different blood groups. Taking into account that Pajura is a wild fruit and little used, certain research proving the safety of its consumption are necessary, to avoid possible nutritional disorders that may harm the health of consumers.

### 3.8. Determination of antioxidant capacity, phenolic compounds and carotenoids

The results of the antioxidant capacity tests, conducted with the DPPH radical and  $\beta$ -carotene / linoleic acid system, as well as in the determination of total phenolic compounds, total flavonoids and total carotenoids, are described in Table 6.

The antioxidants interact with the DPPH through the transfer of electrons or donation of hydrogen neutralizing its character of free radical (Naik et al., 2003). The pulp *in natura* and lyophilized of Pajurá presented inhibition values (I%) of 27.20% and 53.42%, in the concentrations of 12.5 mg/ml and 2.5 mg/ml respectively. According to the classification proposed by Vasco and colleagues (2008), the lyophilized pulp can be considered as having a high antioxidant capacity, while the *in natura* pulp would have a low antioxidant capacity. This difference should be associated with the reduction of the water content in the lyophilized sample of the pulp and, therefore, with a consequent concentration of its bioactive compounds.

In the bleaching oxidation system of  $\beta$ -carotene, frequently used to evaluate the inhibition of free radicals generated by linoleic acid peroxidation, Pajurá showed inhibition value (I%) of 46.83% for *in natura* pulp and 54.33% for lyophilized pulp, at concentrations of 37.03 mg/mL and 7.40 mg/mL, respectively. According to the classification proposed by Rufino et al. (2010), these two pulps would have an average antioxidant capacity (between 40 and 70%). These results are close to those obtained for *Euterpe oleracea* pulp, the açai *in natura* (31.9%) and lyophilized (76.1%) (Rufino et al., 2010).

Tannins, flavonoids, and phenolic acids make up a group of molecules derived from the secondary metabolism of plants, identified as phenolic compounds and with high antioxidant power. In recent years more than 7,000 flavonoids have been identified and, due to the discovery of numerous pharmacological activities related to these compounds, plants have been extensively studied to identify, quantify and discover new molecules and properties in other phenolic compounds (Villiers, Venter & Pasch, 2016). The *in natura* and lyophilized pulps of

Pajurá showed relatively low total phenolic compounds (46.9 mg GAE / 100 g and 105.3 mg GAE / 100 g, respectively) and, in particular when compared to other Amazonian fruits, such as the açai (*Euterpe oleracea*) (454 mg EAG / 100g) (Rufino et al., 2010).

Carotenoids are known for their functional properties and significant antioxidant capacity, acting in the prevention of cardiovascular diseases and macular degeneration, such as provitamin A (Murilo et al., 2013). The pulp *in natura* of Pajurá is a primary source of carotenoids, with similar content to those reported for camu-camu (*Myrciaria dubia*) and cashew (*Anacardium occidentale*) (400 mg GAE/100g) (Rufino et al., 2010). The lyophilized pulp of the Pajurá presented a very significant value, close to the carotenoid content present in açai (*Euterpe oleracea*) and acerola (*Malpighia puniceifolia*) pulp (2,500 mg GAE/100g). It is observed that the lyophilized pulp preserved the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the pulp *in natura*, which confirms its effectiveness as a technique for the conservation of perishable foods.

#### **4. Conclusion**

The fruit Pajurá (*Couepia bracteosa*) stands out for its high content of total fibers, mainly insoluble, that can be useful in the treatment of constipation and intestinal health. Because it is a fruit with an excellent source of vitamin C, total phenolic compounds, and total carotenoids, besides possessing a significant antioxidant capacity, Pajurá has a potential as a functional food. Additionally, it presents physical and physicochemical characteristics, with the pulp having a good yield, high sugar content, and low acidity, which are considered desirable aspects for attractive fruits to the direct consumer and the food industry. The lyophilization process was effective in the preservation of nutritional constituents and bioactive compounds, proving to be a technological tool that will allow an increase in the shelf life of these fruits, as well as their availability in off-season periods, with easy distribution to other locations differ-



ent that the origin. In this way, the study of Pajurá, as a poorly consumed and underutilized fruit, can contribute to the establishment of a healthier and varied diet, as well as stimulate the productive chain and the sustainable development of the Amazon.

### **Aknowledgements**

The authors would like to thank CAPES and CNPq, the Brazilian Government's research funding agencies, for their financial support.

### **References**

- Adams, P. (2007). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. (4<sup>a</sup> ed.). Carol Stream: Allured Publishing.
- Aguiar, M. C. S., Silvério, F. O., Pinho, G. P., Lopes, S. N., Fidêncio, P. H. & Ventura, S. J. (2014). Volatile compounds from fruits of *Butiacapitataat* at different stages of maturity and storage. *Food Research International*, 62, 1095-1099.
- Al-Rabadi, G. J., Torley, P. J., Williams, B. A., Bryden, W. L. & Gidley, M. J. (2012). Particle size heterogeneity in milled barley and sorghum grains: Effects on physico-chemical properties and starch digestibility. *Journal of Cereal Science*, 56, 396-403.
- ANVISA (2010). *Farmacopéia Brasileira*. (5<sup>a</sup> ed.). Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA.
- ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária) (2016). Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde. URL <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>. Accessed in September 25, 2016.
- Berto, A., Silva, A. f., Visentainer, J. V., Mastsushita, M., Fernandes, E., & Souza, N, E. (2015). Proximate compositions, mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian fruits. *FoodResearchInternational*, 77, 441-449.

- Bligh, E. G. & Dyer, W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.
- Calderón de La Barca, A. M., Ochoa, J. L. & Valencia, M. E. (1985). Effect of the extraction of a hemagglutinin on the nutritive value of *Amaranthusleocarpus* seeds. *Journal of Food Science*, 50, 1700-1702.
- Carvalho, J. E. U. & Müller, C. H. (2005). Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Comunicado Técnico, 139, 4p.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Cherin, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.
- Cunniff, P. & Association of Official Analytical Chemists (1995). *Official methods of analysis of AOAC international*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Delcour, J. A. & Janssens de Varebeke, D. (1985). A new colorimetric assay for flavonoids in pilsner beers. *Journal of the Institute of Brewing*, 191, 37-40.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. & Cummings, J. H. (1992) Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Englyst, H. N., Veenstra, J. & Hudson, G. J. (1996). Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. *British Journal of Nutrition*, 75, 327-337.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411-421.

- Falcão, A. M., Lleras, E., Kerr, W. E. (1981). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Pajurá (*Couepiabracteosa* Benth) (Chrysobalanaceae). *Acta Amazonica*, 11, 473-482.
- Franco, M. R. B. & Shibamoto, T. (2000). Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (*Spondiascitherea*), camu-camu (*Myrciariadubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*), and cupuaçu (*Theobromagrandiflorum*). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 1263-1265.
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies (2000). Dietary Reference Intakes (DRIs): Estimated Average Requirements. URL [https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended\\_intakes\\_individuals.pdf](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf). Accessed in September 15, 2016.
- Genovese, M. I., Pinto, M. S., Gonçalves, A. E. S. S., & Lajolo, F. M. (2008). Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. *Food Science and Technology International*, 17, 207-214.
- Gordon, A., Jungfer, E., Silva, B. A., Maia, J. G. S., Marx, F. (2011). Phenolic constituents and antioxidant capacity of four underutilized fruits from the Amazon Region. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 7688-7699.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. (4ª ed). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p.
- Khan, G. R. & Scheinmann, F. (1978). Some recent advances in physical methods for analysis and characterization of polyunsaturated fatty acids. *Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids*, 15, 343-367.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680-685.

- Leonel, M., Mischan, M. M., Pinho, S. Z., Iatauro, R. A., & Duarte Filho, J. (2006). Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, 26, 459-464.
- Lim, W., Gan, M., Ong, M. & Chew, C. H. (2015). Lauric acid abolishes interferon-gamma (IFN- $\gamma$ )-induction of intercellular adhesion molecule-1 (VCAM-1) and vascular cell adhesion molecule-1 (VCAM-1) expression in human macrophages. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4, 217-221.
- Marques, L. G., Silveira, A. M., & Freire, J. T. (2013). Drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology: An International Journal*, 24, 457-463.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P. R. & Van Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237.
- Mondello, L. (2011). *Flavors and Fragrances of Natural and Synthetic Compounds*. (2<sup>a</sup> ed.). New Jersey: Wiley.
- Murilo, E., Giuffrida, D., Menchaca, D., Dugo, P., Torre, G., Meléndez-Martínez, A. J. & Mondello, L. (2012). Native carotenoids composition of some tropical fruits. *Food Chemistry*, 140, 825-836.
- Naik, G. H., Priyadarsini, K. I., Satav, J. G., Banavalikar, M. M., Sohoni, P. P., Biyani, C. K. & Mohan H. (2003). Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. *Phytochemistry*, 63, 97-104
- Neves, L. C., Tosin, J. C., Benedette, R. M., & Cisneros-Zevallos, L. (2015). Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. *Food Chemistry*, 174, 188-196.
- NIST (National Institute of Standards and Technology) (2005). *Mass Spectral Library (NIST/EPA/NIH)*. (2<sup>a</sup> ed.). The NIST Mass Spectrometry Data Center: Gaithersburg.

- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. (1<sup>a</sup> ed). Washington: OMNI Research, 71p.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., E Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *121*, 996-1002.
- Schwingshalckl, L.& Hoffmann, G. (2014). Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lipids in Health and Disease*, *13*, 154-169.
- Shi, S., Wang, W., Liu, L., Shu, B., Wei, S., Jue, D., Fu, J., Xie, J.& Liu C. (2016). Physicochemical properties of longan fruit during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, *207*, 160-167.
- Singleton, V. L., Orthofer, R.&Lamuela-Raventus, R. M.(1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, *299*, 152-178.
- Van den Dool, H.&Kratz, P. D. J. A. (1963). Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, *11*, 463-471.
- Van Bull. V. J.&Brouns, F. J. P. H. (2014). Health effects of wheat lectins: a review. *Journal of Cereal Science*, *59*, 112-117.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, *111*, 816-823.
- Villiers, A., Venter, P., & Pasch, H. (2016). Recent advances and trends in the liquid-chromatography-mass spectrometry analysis of flavonoids. *Journal of Chromatography A*, *1430*, 16-78.

Table 1  
Biometric features for the fruit of *C. bracteosa*.

Biometric features	Description
Fruit, longitudinal diameter (cm)	9.5 ±1.1
Fruit, transverse diameter (cm)	6.76±0.1
Seed, longitudinal diameter (cm)	6.43±0.6
Seed, transverse diameter (cm)	4.21±0.2
Whole fruit (g)	257.8±46.5 (100%)
Thickbark, fruit (g)	58.35±11.0 (22.6%)
Seed, fruit (g)	67.20±11.6 (26.1%)
Pulp, fruit (g)	132.25±28.5 (51.3%)

Results expressed as a mean ± standard deviation (n = 10).

Table 2

Physical-chemical characteristics of the *in natura* and lyophilized pulp of *C. bracteosa*.

Analysis	<i>in natura</i> Pulp	Lyophilized Pulp
Titrateable total acidity (TTA, %)	0.66±0.06	3.49±0.01
Total soluble solids (TSS, %)	12.0±0.0	32.80±1.39
Reducing sugars (glucose %)	16.75±1.33	30.59± 2.20
Non-reducing sugars (sucrose%)	4.04±0.17	20.47 ± 0.0
Water solubility index (%)		3.77 ± 0.03
Water absorption index (g/g)		2.63 ± 0.08

Results expressed as a mean ± standard deviation (n = 3).

Table 3

Centesimal composition (wet basis) (% , g/100g), total caloric value (Kcal/100 g) and vitamin C content (mg/100g) of the *in natura* and lyophilized pulp of *C. bracteosa*.

Analysis	<i>in natura</i> Pulp	Lyophilized Pulp
Humidity	62.21± 0.44	10.35±0.13
Ash	0.75± 0.05	1.77± 0.13
Proteins	1.01± 0.03	2.43± 0.23
Lipids	0.10± 0.01	0.70± 0.08
Carbohydrates	21.30 ± 0.44	50.04 ± 0.34
Solublefibers	0.21 ± 0.0	0.50± 0.0
Insolublefibers	14.41 ± 0.0	34.20± 0.0
Total foodfibers	14.62 ± 0.0	34.70± 0.0
Total caloricvalue	90.18	216.22
Vitamin C	6.96± 0.0	20.11± 1.34

Results expressed as a mean ± standard deviation (n = 3).



Table 4

Composition of fatty acid methylesters of lipid fraction from *in natura* pulp of *C. bracteosa*.

TR	Symbology	Constituents	Oil %
11.408	C10:0	Capric acid, methyl ester	3.7
15.950	C11:0	Undecanoic acid, methyl ester	0.2
19.608	C12:0	Lauric acid, methyl ester	18.1
20.042	C14:1(9) $\omega$ 5	Myristoleic acid, methyl ester	0.7
22.725	12-Me-C13:0	Isomyristic acid, methyl ester	0.2
26.942	C14:0	Myristic acid, methyl ester	11.1
30.042	C15:0	Pentadecanoic acid, methyl ester	0.4
33.792	C16:1(9) $\omega$ 7	Palmitoleic acid, methylester	1.4
34.050	C16:0	Palmitic acid, methyl ester	16.1
36.025	14-Me-C15:0	Isopalmitic acid, methyl ester	1.2
36.842	C17:0	Heptadecanoic acid, methyl ester	1.5
38.967	C18:2(9,12) $\omega$ 6	Linoleic acid, methyl ester	0.6
39.733	C18:1(9) $\omega$ 9	Oleic acid, methyl ester	30.2
40.667	C18:0	Stearic acid, methyl ester	6.4
43.075	C18:1(11) $\omega$ 7	Vaccenic acid, methyl ester	0.3
46.008	C20:0	Arachidic acid, methyl ester	1.8
51.400	C22:0	Behenic acid, methyl ester	0.7
56.458	C24:0	Lignoceric acid, methyl ester	0.7
Total			95.3

TR =retention time (on RTx-5ms capillary column).

Table 5

Constituents identified in the volatile concentrates of the *in natura* and lyophilized pulps of *C. bracteosa*.

IR <sub>Calc</sub>	IR <sub>Lit</sub>	Constituents	<i>in natura</i> Pulp (%)	Lyophilized Pulp (%)
789	781 <sup>a</sup>	2,3-Hexadienone	3.2	1,8
800	801 <sup>b</sup>	Hexanal	11.1	6,8
848	846 <sup>b</sup>	(2 <i>E</i> )-Hexenal	20.8	5,3
1027	1030 <sup>a</sup>	2-Etilhexanol	13.3	18,1
1043	1036 <sup>b</sup>	Phenylacetaldehyde	tr	1,8
1046	1044 <sup>b</sup>	( <i>E</i> )- $\beta$ -Ocimene	33.1	49,2
1182	1178 <sup>b</sup>	Naphthalene	13.7	14,3
1358	1356 <sup>b</sup>	Eugenol	3.2	2,7
Total			98.4	100

IR<sub>Calc</sub> = Calculated retention index; IR<sub>Lit</sub> = Literature retention index; tr: traces (<0,05%) <sup>a</sup> =FFNSC library (Mondello, 2011); <sup>b</sup> =Adams library (Adams, 2007)

Table 6

Determination of antioxidant capacity (DPPH radical scavenging and  $\beta$ -carotene/linoleic acid bleaching assays) and the contents of total phenolic compounds, total flavonoids (*p*-aminocinnamaldehyde and aluminum chloride methods), and total carotenoids of the *in natura* and lyophilized pulps of *C. Bracteosa*.

Analysis	<i>in natura</i> Pulp	Lyophilized Pulp
DPPH (I%)	27.20 $\pm$ 0.75	53.42 $\pm$ 3.21
DPPH (IC <sub>50</sub> mg/mL)	23,39	2.31
$\beta$ -carotene/linoleic acid (I%)	46.83	54.33
Total phenolic compounds (mgGAE/100g)	46.92 $\pm$ 4.95	105.29 $\pm$ 2.7
Total flavonoids ( <i>p</i> -aminocinnamaldehydemeth) (mgCE/100g)	0.36 $\pm$ 0.12	6.96 $\pm$ 0.76
Total flavonoids(aluminum chloride meth) (mgRE/100g)	18.06 $\pm$ 1.05	31.11 $\pm$ 2.58
Total carotenoids ( $\mu$ g $\beta$ -caroteneE/100g)	441.55 $\pm$ 7.20	2518.74 $\pm$ 141.61

mg GAE: milligram gallic acid equivalent; mgCE: milligram catechin equivalent; mg RE: milligram rutin equivalent;  $\mu$ g $\beta$ -carotene E: microgram $\beta$ -carotene equivalent. Results expressed as mean  $\pm$  standard deviation (n = 3).

**Highlights**

The total fiber content of the fruit may be useful in treating bowel health.

The fruit has characteristics appropriate to the agroindustry.

The lyophilization process preserved the nutritional properties of the fruit pulp.

The fruit of Pajurá has real potential as a functional food.

**Supplementary material**

Fig. 1. The pulp and seed of *Couepia bracteosa* (Pajurá)



Fig. 2. Whole fruit of *Couepia bracteosa* (Pajurá)



# JORNAL CIÊNCIA ABERTA

Uma produção do Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental (LabBBEx)

Ano I – Nº 1 - Santarém – Pará, 20 de novembro de 2016

## Sobre o jornal

O **Jornal Ciência Aberta** é uma produção do LabBBEx, que tem como objetivo a popularização da Ciência e Tecnologia, divulgando para a população em geral em uma linguagem simples e acessível, porém sem perder o rigor científico, os resultados dos trabalhos científicos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa de Bioprospecção de Recursos Naturais Amazônicos: Região do Baixo Rio Amazonas (BIRNA)/UFOPA.

Temos como meta a publicação trimestral desse jornal. Nessa edição destacamos os estudos realizados pela aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biociências Lais Tatiele Massing e pela aluna do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC-EM) Alyne da Silva Teixeira com o fruto nativo da Amazônia: *Couepia bracteosa* Benth (pajurá).



Arte: Chieno Suemitsu

**Família**  
Chrysobalanaceae

**Nome científico**  
*Couepia bracteosa* Benth

**Nome popular**  
Pajurá  
Pajurá-de-racha,  
Pajurá verdadeiro

**Edição e redação:**  
Alyne da Silva Teixeira  
Lais Tatiele Massing  
Leoneide E. Maduro Bouillet  
Rosa Helena Veras Mourão

## **LabBBEx: Pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da Amazônia**

O LabBBEx surgiu em 2000 pela fusão dos Laboratórios de Neurociências e de Bioquímica, desde então é coordenado pelos Professores Doutores Rosa Helena Veras Mourão e Ricardo Bezerra de Oliveira. O mesmo faz parte dos Institutos de Saúde Coletiva e Ciências da Educação da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). No LabBBEx, são desenvolvidas pesquisas na área de **PRODUTOS NATURAIS** que são realizadas por professores, técnicos, alunos de iniciação científica, doutorado, e pós-doutorado. **Suas atividades estão voltadas principalmente para estudos com metabólitos primários e secundários de origem vegetal e animal – substâncias orgânicas resultantes das vias metabólicas celulares que do ponto de vista humano estão relacionados com medicamentos, aromas, corantes, sabores, larvicidas, inseticidas naturais, entre outros.**



## **Objetivos do LabBBEx**

O Laboratório tem como objetivo dar suporte às ações de pesquisa voltadas ao desenvolvimento de novas biomoléculas, extração de óleos (fixo e essencial), preparo e padronização de extratos vegetais, caracterização de frutos, análise de substâncias tóxicas, produção de tecnologia de novos materiais, serviços de controle de qualidade de produtos naturais para apoio no desenvolvimento de uma cadeia produtiva. Todas essas ações visam a formação de recursos humanos com competências e habilidades para atuarem no desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região.



## **Como chegar?**

As unidades do LabBBEx situam-se nos Campus Tapajós (Salé) e Rondon (Caranazal) da UFOPA/ Santarém-PA.

### **Contatos:**

**Telefone : 093-2101 4944**

**E-mail: rhvmourao@yahoo.com.br**

## FRUTIFERAS AMAZÔNICAS: *Couepia bracteosa* Benth (Pajurá)

**Pajurá, um fruto com potencial econômico a ser explorado!**



*Couepia bracteosa* Benth (Chrysobalanaceae), popularmente conhecido como pajurá, pajurá-de-racha ou pajurá verdadeiro, esse fruto é encontrado nos estados do Amazonas, Amapá, Rondônia e Pará (Fonte: Flora do Brasil). É uma árvore de até 20 metros de altura que produz frutos grandes e oviformes, tipo drupa (com uma semente), que devem ser coletadas após processo de abscisão (queda natural). A polpa apresenta aroma e sabor adocicados, é espessa, fibrosa, amarela com semente grande e áspera. Sua safra inicia em novembro e finaliza em maio.

**Estudo demonstra potencial agroindustrial do pajurá**

A estudante de ensino médio Alyne da Silva Teixeira, sob orientação da mestrande Lais Tatielle Massing, realizou estudo da caracterização física do fruto de pajurá, coletado em 3 locais distintos na cidade de Santarém/PA e constatou peso médio entre 152,2 a 257,8 gramas e rendimento da polpa que variou entre 41 a 50,7%. A mesma concluiu que o fruto possui características atrativas para a agroindústria, pois apresentou frutos grandes com rendimento médio de polpa, comparado com outras frutas amazônicas de grande comercialização como o açaí. Dessa forma o fruto pode tornar-se mais uma opção de renda para agricultura familiar. Porém, ressalta a necessidade da continuação da pesquisa. Alyne participou, durante um ano do PIBIC-EM/CNPq, operacionalizado pela UFOPA, que visa estimular a iniciação científica em alunos do Ensino Médio. A mesma enfatiza que atuação junto ao programa e familiarização com o mundo científico foi relevante para sua formação, abrindo novos horizontes.





## **Pesquisas revelam a composição química do pajurá**

De acordo com pesquisa publicada em 2015 pela revista Food Research International, o pajurá possui 169,73 Kcal e é fonte de carboidratos, proteínas, lipídios e minerais como sódio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês.



Pesquisadores do LabBBex da UFOPA estão finalizando uma pesquisa com a polpa do pajurá in natura e liofilizada e afirmam que o fruto também é fonte de fibras, vitamina C, carotenóides, compostos fenólicos (antioxidantes). Os mesmos estão otimistas com os resultados e relatam que a liofilização da polpa do pajurá pode agregar valor e aumentar seu tempo de conservação, possibilitando a comercialização deste em todo o país. “O que pode incluí-lo como produto extrativista capaz de gerar renda aos agricultores familiares e promover o

desenvolvimento sustentável”, comenta Lais Tatiele Massing.

## **Onde encontrar pajurá em Santarém?**

O fruto é encontrado com facilidade em Santarém e comercializado no período de safra nas feiras do município. Geralmente o preço de cinco unidades varia entre R\$2,00 a 5,00.



## **Como é consumido o fruto?**

Seu consumo é principalmente na forma in natura, mas também é utilizado como ingrediente em bolos, sorvetes, doces e patês.

Abaixo disponibilizamos a receita retirada do livro Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil.

**Bolo de pajurá:** 2 xíc. farinha de trigo, 2 xíc. polpa de pajurá triturado, 1 ou 2 xíc. de leite, 4 ovos, 3 colheres de azeite e 1 colher de chá de fermento químico. Bata tudo na batedeira ou manualmente e despeje a massa em forma untada e leve para assar em forno pré aquecido.