



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**RUTELENE DA CRUZ PINHEIRO**

**AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES**  
**AMAZÔNICAS PARA FINS ALIMENTÍCIOS**

Belém-PA

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**RUTELENE DA CRUZ PINHEIRO**

**AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES**  
**AMAZÔNICAS PARA FINS ALIMENTÍCIOS**

Tese apresentada à banca de avaliação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), visando obtenção do Título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luiza Helena Meller da Silva

Belém-PA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P654a Pinheiro, Rutelene da Cruz.  
Avaliação e Caracterização de Sementes Amazônicas para fins  
Alimentícios / Rutelene da Cruz Pinheiro. — 2018.  
86 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Luiza Helena Meller da Silva  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Alimentos, Belém, 2018.

1. Sementes amazônicas. 2. Caracterização química. 3.  
Valor nutricional. 4. Extração de polissacarídeos. I. Título.

CDD 664

---

## **RUTELENE DA CRUZ PINHEIRO**

### **AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS PARA FINS ALIMENTÍCIOS**

Tese apresentada à banca de avaliação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), visando obtenção do Título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**APROVADA: 18 de Junho de 2018.**

#### **Banca Examinadora**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luiza Helena Meller da Silva  
Orientadora (UFPA)

---

Prof. Dr. José Antonio Couto Teixeira  
Examinador Externo (UMINHO)

---

Prof. Dr. Renan Campos Chisté  
Examinador Interno (UFPA)

---

Prof. Dr. Nelson Rosa Ferreira  
Examinador Interno (UFPA)-Suplente

---

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena  
Examinador Interno (UFPA)

---

Prof. Dr. Frederico Augusto Ribeiro de  
Barros  
Examinador Externo (UFV)-Suplente

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna Regina Amante  
Examinador Externo (UFSC)

*A Deus e toda minha família,*

*Dedico,*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus pela presença constante em minha vida, que renova minhas forças, alegra meu coração e encoraja-me a sempre prosseguir.

Aos meus pais Maria Rute e Donato Duarte (*in memoriam*) pelo amor, ensinamentos, dedicação, incentivo e por acreditarem sempre no meu potencial. As minhas irmãs Sandra Elena e Silvana Cristina por todo apoio e companheirismo. Ao meu irmão Eduardo e minhas sobrinhas Maria Eduarda e Lívia.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luiza Helena Meller da Silva pelo exemplo de profissionalismo, orientação, incentivo, transmissão de conhecimento, apoio, amizade, oportunidade de intercâmbio, participação em projetos e pela confiança depositada em diversas ocasiões.

Ao Prof. Dr. José Antonio Couto Teixeira pela parceria, acolhimento e orientação durante o intercâmbio, e posteriormente nas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Édna Regina Amante pela parceria, orientação, amizade, apoio, incentivo, colaboração na pesquisa e pelo exemplo de pessoa e profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Antônio Manoel Rodrigues pela parceria, orientação, apoio, amizade e disponibilidade de laboratório para realização de análises.

Ao Prof. Dr. Rosinelson Pena, Prof. Dr. Renan Chisté, Prof. Dr. Nelson Ferreira e Prof. Dr. Frederico Barros pelas sugestões e contribuições neste trabalho.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katia Fernandes pela parceria e por disponibilizar seu laboratório para o desenvolvimento de algumas análises.

A Dr<sup>a</sup>. Lina Fernanda Ballesteros e Dr. Miguel Ângelo Cerqueira pelo acompanhamento no desenvolvimento de análises, orientação, disponibilidade, amizade e apoio.

Ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro concedido durante a pesquisa.

Aos amigos do Laboratório de Análises de Alimentos e de Processos da Universidade Federal do Pará pela amizade, companheirismo e convívio de cada dia.

Aos amigos do Laboratório de Fermentações (LF) e do Departamento de Engenharia Biológica (DEB) da Universidade do Minho pelo acolhimento, amizade, troca de conhecimento e experiência.

Aos professores, técnicos e funcionários do Programa de Pós-graduação de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará e a todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

*Lembre-se de Deus em tudo o que fizer,  
E ele lhe mostrará o caminho certo.*

**Provérbios 3: 6**

## RESUMO

PINHEIRO, Rutelene da Cruz, **Avaliação e Caracterização de Sementes Amazônicas para Fins Alimentícios, 2018, 86f, Tese (Doutorado)** - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Pará, Belém, Pará.

Variados produtos utilizados pela sociedade são oriundos da flora brasileira, sejam eles medicamentos, alimentos e seus aditivos, fibras, óleos naturais e essenciais, cosméticos, produtos químicos e biocombustíveis. São inúmeras as classes de compostos químicos que podem ser extraídos de espécies vegetais, como exemplo, os frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), pupunha (*Bactris gasipaes*) e abricó (*Mammea americana* L.) pertencente às famílias *Malvaceae*, *Palmae* e *Clusiaceae*, e bastante conhecidos na região Amazônica, cujas polpas apresentam excelentes características de aroma, sabor e textura, com ampla aceitação sensorial, e grande potencial para utilização na produção dos mais variados tipos de alimentos. Visando proporcionar melhor aproveitamento destes frutos foram realizados estudos de caracterização química e nutricional a partir de suas sementes, e a viabilidade dos mesmos para a obtenção de polissacarídeos. As sementes de cupuaçu, tucumã, pupunha e abricó demonstraram alto valor nutricional, devido à presença de carboidratos, lipídeos, proteínas, minerais, ácidos graxos saturados e insaturados, aminoácidos essenciais e compostos fenólicos em diferentes concentrações, que tornam as sementes um subproduto com potencial para serem utilizados em preparações alimentícias, uma vez que a concentração de antinutrientes (taninos e fitatos) foi identificada em baixa concentração. Quanto à extração de polissacarídeos houve diferença na composição monossacarídica identificada em cada semente, sendo que a semente de abricó apresentou destaque, devido ao elevado percentual de glicose. As sementes de tucumã e pupunha, também se destacaram por apresentar concentração de manose (M) e galactose (G) nas proporções (M/G) de 3:1 e 4:1, respectivamente, caracterizando a possível presença de galactomananas.

**Palavras – chave:** Sementes amazônicas, aproveitamento, caracterização química, valor nutricional e extração de polissacarídeos.



## ABSTRACT

PINHEIRO, Rutelene da Cruz, **Evaluation and characterization of Amazonian seeds for food purposes, 2018, 86f, Thesis (Doctorate)** - Program Graduate in Food Science and Technology. Federal University of Pará, Belém, Pará.

Many products used by the society come from the Brazilian flora, such as medicines, food and its additives, fibers, natural and essential oils, cosmetics, chemicals and biofuels. Numerous classes of chemical compounds can be extracted from plant species, such as cupuassu (*Theobroma grandiflorum*), tucuman (*Astrocaryum vulgare* Mart), peach palm (*Bactris gasipaes*) and mammee apple (*Mammea americana* L.) belonging to families Malvaceae, Palmae and Clusiaceae. These fruits are well known in the Amazon region, their pulps have excellent sensorial characteristics (aroma, flavor and texture) with wide acceptance, and great potential for use in the production of varied types of food. Aiming to provide a better use of these fruits, studies about chemical and nutritional characterization were carried out from their seeds, and the viability of these seeds to obtain polysaccharides. The seeds of cupuassu, tucuman, peach palm and mammee apple showed high nutritional value due to the presence of carbohydrates, lipids, proteins, minerals, saturated and unsaturated fatty acids, essential amino acids and phenolic compounds in different concentrations, which make of the seeds a potential byproduct to be used in food preparations, since the concentration of ant nutritional (tannins and phytates) was identified in low concentration. Regarding the extraction of polysaccharides, there was a difference in the monosaccharide composition identified in each seed, and the mammee apple seed was prominent, due to the high percentage of glucose. The seeds of tucuman and peach palm were also distinguished by the presence of mannose (M) and galactose (G) in the proportions (M / G) of 3:1 and 4:3, respectively, characterizing the possible presence of galactomannans.

**Keywords:** Amazonian seeds, utilization, chemical characterization, nutritional value and extraction polysaccharides.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 2

Figure 1. Micrographs of cupuassu kernel flour at different scales and enlargement.....	38
Figure 2. Micrographs of tucuman kernel flour at different scales and enlargement.....	38

### Capítulo 3

Fig. 1 Micrografias da farinha de amêndoas de pupunha em diferentes escalas e ampliação.....	56
Fig. 2 Micrografias da farinha de amêndoas de abricó em diferentes escalas e ampliação.....	57

### Capítulo 4

Fig. 1 Flowchart of polysaccharide extraction applied to cupuassu, tucuman, peach palm, and mammee apple seeds.....	68
Fig. 2 FTIR spectra of the polysaccharides obtained from the GI, GII, and Hemi B fractions.....	79

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

Table 1 Chemical composition (centesimal composition, mineral, ant nutritional factors) of the cupuassu and tucuman kernels in dry basis.....	34
Table 2 Amino acid compositions and essential amino acid score of cupuassu kernels and tucuman kernels compared to the essential amino acid pattern suggested by FAO/WHO (mg/ g protein).....	36
Table 3 Fatty acid composition of cupuassu and tucuman kernels.....	37

### Capítulo 3

Tabela 1 Quantificação química (composição centesimal, minerais e fatores antinutricionais) para as amêndoas de pupunha e abricó em base seca.....	49
Tabela 2 Composição de aminoácidos e escore químico de aminoácidos essenciais para as amêndoas de pupunha e abricó comparados ao padrão de aminoácidos essenciais sugeridos pela FAO/WHO (mg /g de proteínas).....	53
Tabela 3 Perfil de ácidos graxos para as amêndoas de pupunha e abricó.....	55

### Capítulo 4

Table 1 Chemical composition of the four Amazonian seeds in dry basis.....	74
Table 2 Monosaccharide composition and extraction yield of the polysaccharides obtained by aqueous extraction.....	76
Table 3 Monosaccharide composition and extraction yield of the polysaccharides obtained by alkaline extraction.....	77
Table 4 Antioxidant capacity of polysaccharides extracted from the GI, GII, and Hemi B fractions.....	81

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
CAPÍTULO 1: Revisão bibliográfica	
<b>1 Frutas amazônicas.....</b>	<b>16</b>
1.1 <i>Cupuaçu</i> .....	16
1.2 <i>Tucumã</i> .....	17
1.3 <i>Pupunha</i> .....	18
1.4 <i>Abricó</i> .....	19
<b>2 Valorização de partes das matérias primas consideradas resíduos.....</b>	<b>20</b>
<b>3 Sementes.....</b>	<b>21</b>
3.1 Estrutura e composição.....	21
3.2 Carboidratos.....	21
3.3 Lipídeos.....	22
3.4 Proteínas.....	23
3.5 Estudos envolvendo sementes e seus respectivos compostos.....	23
<b>4 Referências.....</b>	<b>24</b>
CAPÍTULO 2: Chemical and Nutritional Potential of Amazonian Seeds: Cupuassu and Tucuman	
Abstract.....	30
<b>1. Introduction.....</b>	<b>30</b>
<b>2. Material and Methods.....</b>	<b>31</b>
2.1. Materials.....	31
2.2. Obtaining the kernels.....	31
2.3. Centesimal composition.....	31
2.4. Total phenolic compounds.....	31
2.5. Mineral analysis.....	32
2.6. Ant-Nutritional Factors.....	32
2.7. Amino acid analysis.....	32
2.8. Fatty acid analysis.....	32
2.9. Morphological analysis.....	33
<b>3. Results and Discussion.....</b>	<b>33</b>
3.1. Centesimal composition.....	33
3.2. Phenolic compounds.....	33
3.3. Mineral Content.....	35
3.4. Composition of Ant-Nutritional Factors.....	35
3.5. Amino acid composition.....	35
3.6. Fatty acid composition.....	37
3.7. Morphological analysis.....	37
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>38</b>
<b>References.....</b>	<b>39</b>
CAPÍTULO 3: Caracterização química e nutricional das sementes de pupunha ( <i>Bactris gasipaes</i> ) e abricó ( <i>Mammea americana</i> L.)	

Resumo.....	43
<b>1 Introdução.....</b>	<b>44</b>
<b>2 Material e métodos.....</b>	<b>45</b>
2.1 <i>Matéria prima</i> .....	45
2.2 <i>Obtenção das amêndoas</i> .....	45
2.3 <i>Composição centesimal</i> .....	45
2.4 <i>Valor energético total (VET)</i> .....	46
2.5 <i>Compostos fenólicos totais</i> .....	46
2.6 <i>Análise de minerais</i> .....	46
2.7 <i>Fatores antinutricionais</i> .....	46
2.8 <i>Análise de aminoácidos</i> .....	47
2.9 <i>Análise de ácidos graxos</i> .....	47
2.10 <i>Análise morfológica</i> .....	48
<b>3 Resultados e discussão.....</b>	<b>48</b>
3.1 <i>Composição centesimal</i> .....	48
3.2 <i>Valor energético total (VET)</i> .....	50
3.3 <i>Compostos fenólicos totais</i> .....	50
3.4 <i>Composição de minerais</i> .....	51
3.5 <i>Composição de fatores antinutricionais</i> .....	52
3.6 <i>Composição de aminoácidos</i> .....	53
3.7 <i>Composição de ácidos graxos</i> .....	54
3.8 <i>Análise morfológica</i> .....	56
<b>4 Conclusão.....</b>	<b>57</b>
<b>Referências.....</b>	<b>58</b>

#### CAPÍTULO 4: Chemical Characterization and Polysaccharide Extraction from Amazonian Seeds

ABSTRACT.....	62
<b>1 Introduction.....</b>	<b>63</b>
<b>2 Materials and Methods.....</b>	<b>64</b>
2.1 <i>Raw Material and Chemicals</i> .....	64
2.2 <i>Seed Chemical Characterization</i> .....	64
2.2.1 <i>Moisture, Lipids, Proteins and Ashes</i> .....	64
2.2.2 <i>Cellulose, Hemicellulose and Lignin</i> .....	65
2.3 <i>Polysaccharide Extraction</i> .....	66
2.3.1 <i>Pre-Treatment: Enzyme Inactivation</i> .....	67
2.3.2 <i>Aqueous Extraction</i> .....	67
2.3.2.1 <i>Procedure 1</i> .....	69
2.3.2.2 <i>Procedure 2</i> .....	69
2.3.3 <i>Alkaline Extraction</i> .....	69
2.3.4 <i>Polysaccharide Yield Calculation</i> .....	70
2.4 <i>Chemical Characterization of Polysaccharide Fractions</i> .....	70
2.4.1 <i>Structural Characterization</i> .....	70
2.4.2 <i>Antioxidant Properties</i> .....	70
2.4.2.1 <i>Free Radical Scavenging Activity (DPPH)</i> .....	71
2.4.2.2 <i>Ferric Reducing Antioxidant Power Assay (FRAP)</i> .....	71
2.4.2.3 <i>Phenolic Compounds</i> .....	72
2.5 <i>Statistical Analysis</i> .....	72

<b>3 Results and Discussion .....</b>	<b>72</b>
3.1 <i>Seed Chemical Characterization .....</i>	72
3.1.1 <i>Moisture, Lipids, Proteins, and Ashes.....</i>	72
3.1.2 <i>Cellulose, Hemicellulose, and Lignin.....</i>	73
3.2 <i>Polysaccharide Extraction.....</i>	74
3.2.1 <i>Aqueous Extraction.....</i>	75
3.2.2 <i>Alkaline Extraction.....</i>	76
3.2.3 <i>Polysaccharide Yields.....</i>	78
3.3 <i>Chemical Characterization of Polysaccharide Fractions .....</i>	78
3.3.1 <i>Structural Characterization.....</i>	78
3.3.2 <i>Antioxidant Properties.....</i>	80
3.3.2.1 <i>Antioxidant Ability.....</i>	80
3.3.2.2 <i>Phenolic Compounds.....</i>	81
<b>4 Conclusion.....</b>	<b>82</b>
<b>References.....</b>	<b>83</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>86</b>

## INTRODUÇÃO

Variados são os produtos utilizados pela sociedade que são oriundos da flora brasileira, sejam eles medicamentos, alimentos e seus aditivos, fibras, óleos naturais e essenciais, cosméticos, produtos químicos e biocombustíveis (Rufino, Alves, Brito, Pérez-Jiménez, Saura-Calixto & Mancini-Filho, 2010). São inúmeras as classes de compostos químicos que podem ser extraídos de espécies vegetais; principalmente na região Amazônica, a qual possui uma grande variedade de frutas com aromas e sabores diversificados, muitas vezes desconhecidos ou pouco utilizados (De-Rosso & Mercadante, 2007), como por exemplo, os frutos cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart), pupunha (*Bactris gasipaes*) e abricó (*Mammea americana* L.), pertencentes às famílias *Malvaceae*, *Palmae* e *Clusiaceae*, respectivamente. Estes frutos são bastante apreciados por possuírem polpas com excelentes características de aroma, sabor e textura, que favorecem a aceitação sensorial, principalmente pela população nativa, que há séculos utiliza a polpa na alimentação, sejam no preparo de sucos, geleias, cremes, xaropes, licores e na elaboração dos mais variados tipos de alimentos (Morales & Duque, 2002; Vriesmann, Silveira & Petkowicz, 2010; Quesada et al., 2011; Lira, Berruti, Palmisano, Berruti, Briens & Pécora, 2013). No entanto suas sementes normalmente são descartadas ou utilizadas para alimentação animal, adubo e plantio de novas mudas, com exceção da semente de cupuaçu que serve para produção de um alimento similar ao chocolate (Pugliese, Tomas-Barberau, Truchado & Genovese, 2013).

A necessidade de utilizar novas fontes para extração de inúmeros compostos torna as sementes dos frutos mencionados um excelente alvo de investigação, uma vez que são encontradas em abundância na natureza, e há pouca informação sobre suas propriedades químicas, funcionais e nutricionais.

Visando ampliar o conhecimento a cerca dos principais constituintes presentes em sementes amazônicas foram realizados estudos de caracterização química, valor nutricional e a viabilidade para extração de polissacarídeos.

Para melhor entendimento a apresentação deste trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro consiste em uma revisão da literatura, a qual aborda a localização geográfica, aspectos físicos, forma de consumo e comercialização de cada fruto, bem

como os principais constituintes encontrados em diferentes sementes divulgados por outros pesquisadores.

O segundo capítulo foi elaborado a partir de estudos encontrados na literatura, no qual se propõe a investigar a composição química e nutricional, bem como a morfológica (micrografia eletrônica de varredura- MEV) das sementes de cupuaçu e tucumã.

De igual modo no capítulo 3 foi realizada a mesma investigação descrita para o capítulo anterior, entretanto as amostras utilizadas para este estudo foram às sementes de pupunha e abricó.

No capítulo 4 foi realizado o estudo para a viabilidade das sementes de cupuaçu, tucumã, pupunha e abricó para a extração de polissacarídeos, no qual foram testados três métodos de extração sólido-líquido e a melhores frações caracterizadas quanto ao potencial antioxidante.



## CAPÍTULO 1

### Revisão Bibliográfica

#### 1 Frutas amazônicas

##### 1.1 Cupuaçu

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum) é uma das 22 espécies pertencente ao gênero *Theobroma*, do qual o cacauzeiro é a espécie economicamente mais importante. É nativo da região Amazônica e encontrado no Norte do Brasil, com maior produção no estado do Pará, seguido dos estados do Amazonas, Rondônia e Acre. Pode também ser encontrado em outros países, como Colômbia, Costa Rica e Venezuela (Lim, 2012). Seu fruto, o cupuaçu, possui forma alongada e com extremidades arredondadas com aproximadamente 12-25 cm de comprimento e 10-12 cm de diâmetro e podem alcançar até 4 kg. A casca (epicarpo) é rígida e lenhosa, recoberta por uma camada com aspecto de pó ferrugíneo; a polpa de cor branco amarelada reveste as sementes, cuja média é de 32 unidades por fruto (Jorge, 2011).

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e de Pesca (SEDAP) foram produzidos no estado do Pará 74.524 toneladas de cupuaçu em 2012, informação extraída do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LPSA), junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual vem acompanhando a produção do fruto desde 2003. Desta produção, o principal mercado econômico é destinado à polpa, apreciada devido ao seu sabor ácido e aroma característico. É utilizada para fabricação de sucos, geleias, doces, sorvetes, iogurtes e outras iguarias (Vriesmann, Silveira & Petkowicz, 2010).

O fruto contém cerca de 30% de polpa e 15% de sementes, as quais têm recebido atenção especial devido ao potencial para serem utilizadas para a fabricação do cupulate (produto com características nutritivas similares ao chocolate) e outros produtos derivados (Cucaita, Hernández & Gutiérrez, 2014); bem como para produção de manteiga de cupuaçu, que vem sendo utilizada como substituinte da manteiga de cacau em alimentos e cosméticos (Oliveira & Genovese, 2013).

Cupuaçu tem sido amplamente investigado devido a sua capacidade antioxidante, o qual apresenta propriedades benéficas para saúde (Pinent et al., 2015;

Barros, García-Villalba, Tomás-Barberán & Genovese, 2016). Estudos fitoquímicos utilizando a polpa e as sementes de cupuaçu demonstraram que os mesmos contêm polifenóis, entre eles flavonas e proantocianidinas (Pugliese, Tomás-Barberan, Truchao & Genovese, 2013).

## 1.2 Tucumã

Tucumazeiro (*Astrocaryum aculeatum*) é uma palmeira nativa da Floresta Amazônica, pertencente à família Arecaceae, sendo encontrado no Norte do Brasil (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima) e cultivado também na Bolívia (Beni, Pando e Santa Cruz), Guiana, Suriname e Venezuela (Sagrillo et al., 2015). Cada árvore produz, em média, 2-3 cachos, pesando entre 10 a 30 kg e podem conter de 200-400 frutos, os quais são produzidos ao longo do ano, com pico de produção entre os meses de janeiro a junho (Lira, Berruti, Palmisano, Berruti, Briens & Pécora, 2013).

O fruto apresenta cor laranja-amarelo sendo precursor da vitamina A e excelente fonte de carotenoides (De Rosso & Mercadante, 2007). Também é uma importante fonte de vitamina B2 (riboflavina) e apresenta compostos bioativos como catequina e quercetina (Gonçalves, Lajolo & Genovese, 2010).

Geralmente o fruto é consumido *in natura*, mas também pode ser utilizado na preparação de cremes e sorvetes, como também na elaboração de sanduíches e doces. O tucumã é amplamente comercializado na cidade de Manaus (Capital do estado Amazônico), onde os consumidores costumam comprar de 5-30 sacos, por semana, com cerca de 900 frutos de tucumã, com preços em torno de R\$ 30-70 (US\$ 20 a 45) (Lira, Berruti, Palmisano, Berruti, Briens & Pécora, 2013).

A semente de tucumã vem sendo investigada com a finalidade de minimizar o impacto ambiental ocasionado pelo descarte da mesma após o despulpamento do fruto. Segundo a literatura a semente de tucumã é constituída de 37,8% de casca e 61% de amêndoa, as quais podem ser utilizadas para obtenção de bio-carvão e extração de óleo (rendimentos de 40-50% em peso), respectivamente (Lira, Berruti, Palmisano, Berruti, Briens & Pécora, 2013).

### 1.3 Pupunha

A pupunheira é uma palmácea conhecida cientificamente por *Bactris gasipaes* Kunth e classificada botanicamente como pertencente à família Arecaceae. O gênero possui aproximadamente 73 espécies e 21 variedades que se distribuem nas regiões da América Latina. As principais áreas de produção e consumo encontram-se na Bolívia, Peru, Brasil, Equador, Colômbia, Panamá, Costa Rica, Nicarágua e Honduras (Mora-Urpí, Weberand & Clement, 1997; Bastos et al., 2016).

No Brasil, a pupunheira é encontrada em toda a Bacia Amazônica, compreendendo os Estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, norte do Mato Grosso, Maranhão, Roraima e Amapá. Apresenta duas culturas alimentares com grande potencial econômico, o fruto e o palmito (Clement et al., 2004). O fruto é consumido após cozimento em água e sal, podendo também ser utilizado na fabricação de farinhas, enquanto que o palmito é consumido em todas as regiões do Brasil e tem ganhado espaço em mercado internacional (Cantu-Jungles, Cipriani, Iacomini, Hamaker & Cordeiro, 2017).

Os frutos da pupunheira possuem elevado conteúdo de carboidratos, proteínas, lipídeos e carotenoides, e variam no tamanho e composição de mesocarpo e exocarpo. Essa variedade genética contribui para heterogeneidade da pupunha que apresenta diferentes tamanhos, cores, teores de amido e óleo. Podem pesar entre 5 a 250 g com formato variando de globoso, ovoide ou elipsoide, e estão classificados em três categorias a microcarpa (frutos pequenos de 10 a 20 g), mesocarpa (frutos médios de 20 a 70 g) e macrocarpa (frutos maiores que 70 g), e quando maduros possuem epicarpo fibroso que varia de cor, podendo ser vermelha, laranja ou amarela (Clement et al., 2009).

Os frutos de pupunha contem  $\beta$ -caroteno como principal carotenoide, o qual é indicado para uma alimentação saudável, pois contribui para o combate de doenças degenerativas, cardiovasculares, cataratas e alguns tipos de câncer (Rojas-Garbanzo, Pérez, Bustos-Carmona & Vaillant, 2011).

Os frutos de pupunha podem ou não conter sementes. As sementes são de cor café ou negra, possuindo endocarpo duro, endosperma (amêndoa) branco e oleaginoso semelhante ao do coco, quanto ao sabor e textura (Fonseca, Moreira & Carvalho, 2001).

Na região Norte do Brasil, principalmente em Belém, Manaus e Porto Velho, os cachos de pupunha são comercializados nos mercados e feiras livres da cidade. Os frutos cozidos, são vendidos nas ruas, prontos para consumo. A pupunheira faz parte de Programas de melhoramento genético, tanto para produção de frutos quanto para o palmito, por várias instituições de pesquisas tais como: INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) (Clement et al., 2009).

O beneficiamento da pupunha tem gerado subprodutos com alto valor nutricional. Estudos utilizando farinhas obtidas de diferentes partes do fruto e da palmeira demonstram viabilidade para comercialização, como por exemplo, a farinha obtida da bainha e tronco (parte não utilizada na extração do palmito), constituída de elevados teores de fibras, carotenoides e compostos fenólicos com atividade antioxidante (Bolanho, Danesi & Beléia, 2014), e a farinha feita da casca da pupunha utilizada na elaboração de pães, indicada como fonte de corante alimentar de origem natural, tornando-se uma alternativa aos corantes artificiais em produtos cozidos (Martínez-Girón, Figueroa-Molano & Ordóñez-Santos, 2017).

#### 1.4 Abriçó

O abricoteiro (*Mammea americana* L.) é uma árvore nativa das Índias Ocidentais e do Norte da América do Sul, pertencente à família do garcinia (Clusiaceae), e encontrado principalmente na Amazônia. No Brasil, é conhecida popularmente como abriçó ou “abriçó’-do-Pará” (Toma, Hiruma-Lima, Guerrero & Brito, 2005), na microrregião de Belém (Estado do Pará). A frutificação do abricoteiro ocorre de junho a dezembro, e a colheita é feita em caráter extrativista (por se tratar de uma fruta silvestre). Por esta razão os dados relacionados à produção e comercialização são escassos (Braga, Silva, Pelais, Bichara & Pompeu, 2010).

O fruto pode chegar a um peso total de até 1 kg, apresenta-se na forma de drupas globosas e volumosas, variando de 12-18 cm, pode conter de uma a quatro sementes. A casca possui cor pardo-alaranjado, enquanto que a polpa (mesocarpo) possui coloração alaranjada, brilhante, compacta, firme e fibrosa com sabor agradável e aroma perfumado. O fruto é consumido *in natura* ou utilizado na produção de conservas, doces e pastas. As sementes são ovaladas plano-conversas, variando de 6-8 cm de

comprimento, imersas na polpa e envolvidas pelo endocarpo rugoso. Em geral são amargas, resinosas e utilizadas como agente vermífugo (Morales & Duque, 2002).

O fruto de abricó apresenta várias propriedades medicinais e seu consumo assim como das demais frutas, está associado ao aumento da expectativa de vida e prevenção de inúmeras doenças, devido à presença de diferentes nutrientes, tais como, vitaminas, minerais e fibras (Lorenzi, Bacher, Lacerda & Sartori, 2006). No entanto, há poucos estudos a cerca do abricó, a maioria deles estão voltados para suas propriedades fitoquímicas, como a pesquisa de Finnegan e Merkel (1972), que isolaram a partir do óleo das sementes compostos de cumarina ( $C_9H_6O_2$ ) e derivados de floroglucina ( $C_6H_6O_3$ ). Em um estudo adicional também foram isolados do óleo da semente de abricó, algumas xantonas ( $C_{13}H_8O_2$ ) e benzofenonas ( $(C_6H_5)_2CO$ ) com atividade antitumoral e bacteriana (Finnegan, Merkel & Patel, 1973).

## **2 Valorização de partes das matérias primas consideradas resíduos**

As indústrias processadoras de polpas de frutas, logo após o despolpamento acabam se desfazendo do restante do fruto (casca, sementes, bagaços, talos entre outros). Este procedimento deixa de agregar valor a partes pouco conhecidas das matérias primas, sendo consideradas como resíduos, especialmente as sementes, fazendo com que possíveis subprodutos sejam descartados no meio ambiente.

Diante deste contexto muitas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de minimizar o desperdício e agregar valor a um produto (resíduos), que antes teria pouco ou nenhum valor, utilizando-os em formulações de produtos já conhecidos ou novos produtos (Ajila, Leelavathi & Prasada, 2008).

Sabe-se que sementes comestíveis apresentam elevados teores de lipídeos, carboidratos, proteínas e fibras, que atendem a maior parte das necessidades nutricionais de crianças e adultos e apresentam propriedades de alegação a saúde, devido à presença de aminoácidos essenciais e de compostos fenólicos (Repo-Carrasco-Valencia, Hellstrom, Pihlava & Mattila, 2010). E por vezes são utilizadas em substituição ao milho e ao trigo, devido as suas propriedades antioxidantes e antibacterianas (Araújo et al., 2002; Ribeiro et al., 2007).

As pesquisas utilizando sementes não convencionais como alimento tiveram início na década de 1970 e têm ganho espaço no mercado brasileiro, no qual diversos alimentos, tais como biscoitos, pães, bolos, barra de cereais, pastas entre outros produtos têm sido elaborados com partes não aproveitadas do despolpamento de frutas (Dessimoni-Pinto et al., 2010; Aldana, Gómez, Oca, Ayerdi, Meraz & Pérez, 2011).

### **3 Sementes**

#### **3.1 Estrutura e composição**

Em geral, semente é um termo utilizado para designar o conjunto formado pelo embrião, endosperma (tecido de reserva alimentar) e um envoltório protetor (Glória & Carmello-Guerreiro, 2006). Segundo a literatura as principais substâncias de armazenamento encontradas em espécies vegetais (plantas) são os carboidratos, lipídeos e proteínas, denominados de componentes de reserva, que funcionam como fontes de energia para ativar e manter os processos metabólicos durante a germinação (Rajjou & Debeaujon, 2008) e variam em quantidade e proporção, de acordo com o gênero ou ainda entre espécies do mesmo gênero (Fenner & Thompson, 2006, Soriano et al., 2011).

#### **3.2 Carboidratos**

Sementes armazenam quantidades significativas de carboidratos de reserva, tais como monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. As plantas possuem enzimas capazes de degradar o amido, liberando moléculas de glicose, que serão utilizadas no metabolismo energético (Amaral, Gaspar, Costa, Aidar & Buckeridge, 2007).

Dissacarídeos e oligossacarídeos correspondem aos açúcares solúveis mais abundantes em sementes, e acredita-se que são os primeiros a serem degradados, pois atuam como substratos da respiração na fase inicial da germinação (Bewley & Black, 1994).

Os polissacarídeos podem estar presentes na parede celular e no endosperma das sementes. Esses compostos geralmente são acumulados e posteriormente degradados como fonte de carbono para o crescimento do embrião (Gonçalves, Lima, Fernandes, Borges & Buckeridge, 2010). Existem dois tipos de parede celular, a primária e a secundária, e entre os polissacarídeos da parede celular primária estão a celulose, hemiceluloses e pectinas, enquanto que na parede celular secundária encontram-se a celulose e hemicelulose (Bento et al., 2013).

Do ponto vista químico, pectinas, celulose e hemiceluloses podem apresentar formas diferenciadas de extração. As pectinas são extraídas por meio de soluções aquosas, enquanto que as hemiceluloses são mais difíceis de serem removidas da parede celular, requerendo-se, além do uso de água, o uso de soluções alcalinas, como hidróxido de sódio ou potássio (Avigad & Dey, 1997).

Polissacarídeos de parede celular (celulose, hemiceluloses e pectinas) são constituídos por muitos monossacarídeos (acima de dez), unidos por ligações glicosídicas, formando cadeias lineares ou ramificadas, e classificados de acordo com sua estrutura química em galactomananas, xiloglucanas, glucanas e mananas (Cunha, Vieira, Arriaga, De Paula & Feitosa, 2009). Polissacarídeos possuem uma ampla gama de aplicações, especialmente nas áreas de alimentos, biomédicas, farmacêuticas e de cosméticos, devido à habilidade de produzir géis e soluções altamente viscosas em baixas concentrações de massa (Mirhosseini, Tan, 2010).

De acordo com a literatura há vários métodos de extração para obtenção de polissacarídeos, uma vez que estes polímeros podem ser obtidos a partir de frações insolúveis e solúveis em água (Wagner et al., 2007, Grein et al., 2013). Tradicionalmente os polissacarídeos da fração insolúvel (hemiceluloses) são extraídos por meio de soluções alcalinas, e sua recuperação normalmente é realizada por neutralização e precipitação com etanol (Peng, Peng, Xu & Sun, 2012).

### 3.3 Lipídeos

São compostos de reserva amplamente encontrados em sementes, acumulados na forma de triglicerídeos e armazenados em organelas denominadas de corpos lipídicos. São importantes fontes de energia e carbono, utilizados na germinação e

desenvolvimento da planta, sendo que a composição de ácidos graxos encontrada nas sementes pode variar de acordo com as características genéticas e do meio ambiente. Os ácidos graxos comumente encontrados são o palmítico, o oleico, o linoleico e o linolênico, chegando a compor até 60 % da massa de algumas sementes oleaginosas (Taiz & Zeiger, 2010).

### 3.4 Proteínas

São compostos essenciais para todas as células vivas, e na maioria das espécies vegetais apresentam-se como componentes de reserva em menor proporção em relação aos carboidratos e lipídeos (Taiz & Zeiger, 2010), com exceção de algumas sementes e grãos que acumulam quantidades significativas de proteínas, tais como, a soja, o feijão, a cevada, o trigo e o centeio (Marcos Filho, 2005). As proteínas encontradas em sementes podem ser divididas em proteínas de reserva (armazenam nitrogênio, carbono e enxofre), proteínas estruturais e metabólicas (essenciais para o crescimento e estrutura da semente) e proteínas de proteção (resistência a patógenos, invertebrados ou dessecação) (Buckeridge, Aidar, Santos & Tiné, 2004).

### 3.5 Estudos envolvendo sementes e seus respectivos compostos

Takemoto, Okada, Garbelotti, Tavares e Aued-Pimentel (2001) demonstraram que as sementes de baru (*Dipteryx alata* Vogel) constituem uma fonte significativa de lipídeos, proteínas e, conseqüentemente, de calorias, além de fibras alimentares e minerais, sugerindo sua utilização na alimentação humana e animal, sendo que o elevado grau de insaturação do óleo contido na semente, favorece o uso para fins comestíveis ou como matéria prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica.

Jardini e Mancini Filho (2007) estudaram as sementes de romã (*Punica granatum*, L.) e demonstraram que as mesmas apresentam potencial antioxidante, verificado pela presença de compostos com capacidade redutora. Os autores relataram que o extrato aquoso das sementes apresentou atividade inibitória de oxidação, significativamente maior que a alcançada pelo antioxidante sintético BHT, avaliados pelos ensaios do  $\beta$ -caroteno e ácido linoleico.



Carvalho, José-Costa, Valdomiro-Souza e Maia (2008) avaliaram os aspectos físicos e nutricionais de três tipos de sementes nativas do Brasil, a sapucaia (*Lecythis pisonis* Cam), chichá (*Sterculia striata* A. St.-Hil. & Naudin) e castanha do gurguéia (*Dipteryx* sp), e demonstraram que todas apresentam boa composição nutricional, principalmente em relação aos teores de proteínas, de lipídeos e de carboidratos.

Santos, Miguel, Petkowicz e Cândido (2012) demonstraram que o óleo obtido de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg (guabiroba) apresenta níveis significativos de compostos bioativos e teores de ácidos graxos com elevado grau de insaturação, rico em ácido oleico e ácido linoleico, com atividades antioxidantes e propriedades emolientes, desejáveis para a aplicação em indústrias de cosméticos, como em hidratantes, xampus, óleos de banho e sabões, ou para indústria de fármacos, tintas, alimentos e outras.

Bouaziz et al. (2016) estudaram a extração de polissacarídeos (AGP) e hemiceluloses (AGH) de amêndoas, utilizando como solventes a água aquecida e solução alcalina, e demonstraram que as frações AGP e AGH apresenta potencialidade para diferentes aplicações na indústria de alimentos.

Wang et al. (2017) utilizaram sementes de abóbora para extração de polissacarídeos, obtidos por água aquecida e etanol, e após caracterização verificaram que o polissacarídeo é constituído por manose, glicose e galactose, além de apresentarem atividade antibacteriana constatada por ensaios antioxidativos *in vitro*.

## Referências

- Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Prasada, R. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48, 319-326.
- Aldana, D. L. M., Gómez, B. T., Oca, M. M. M., Ayerdi, S. G. S., Meraz, F. G., & Pérez, L. A. B. (2011). Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L) seeds starch in two mature stages. *Starch/Stärke*, 63 (3), 364–372.
- Amaral, L. I. V., Gaspar, M., Costa, P. F., Aidar, M. P. M., & Buckeridge, M. S. (2007). Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. *Hoehnea*, 34, 425-431.
- Araújo, A. H., Cardoso, C. B., Pereira, E. A., Lima, L. M., Oliveira, A. S., Miranda, M. R. A., Xavier, J. F., & Sales, M. P. (2002). In Vitro Digestibility of Globulino from

Cowpea (*Vigna unguiculata*) and xerophitic algarob (*Proposis juliflora*) seeds by mammalian digestive proteinases: a comparative study. *Food Chemistry*, 78, 143-147.

Avigad, G., Dey, P. M. (1997). Carbohydrate metabolism: storage carbohydrates. In: Dey, P. M., Harborne, J. B. (eds.). *Plant Biochemistry*, New York: Academic Press, San Diego, p. 143-192.

Barros, H. R. M., García-Villalba, R., Tomás-Barberán, F. A., & Genovese M. I. (2016). Evaluation of the distribution and metabolism of polyphenols derived from cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) in mice gastrointestinal tract by UPLC-ESI-QTOF. *Journal of Functional Foods*, 22, 477-489.

Bastos, J. G., Carvalho, W. P., Soares, A. G., Costa, H. T. G. B., Chavez, D. W. H., Godoy, R. L. O., & Pacheco, S. (2016). Physicochemical properties and carotenoid content of extruded and non-extruded corn and peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth). *LWT - Food Science and Technology*, 69, 312-318.

Bewley, J.D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. 2 Ed. Plenum Press, New York, p. 445.

Bento, J. F., Mazzaro, I., De Almeida Silva, L. M., De Azevedo Moreira, R., Ferreira, M. L., Reicher, F., & De Oliveira Petkowicz, C. L. (2013). Diverse patterns of cell wall man-nan/galactomannan occurrence in seeds of the Leguminosae. *Carbohydrate Polymer*, 92 (1), 192-199.

Bolanho, B. C., Danesi, E. D. G., & Beléia, A. D. P. (2014). Characterization of flours made from peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products as a new food ingredient. *Journal of Food and Nutrition Research*, 53 (1), 51–59.

Bouaziz, F., Koubaa, M., Jeddou, K. B., Kallel, F., Helbert, C. B., Khelifa, A., Ghorbel, R. E., & Chaabouni, S. E. (2016). Water-soluble polysaccharides and hemicelluloses from almond gum: functional and prebiotic properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 359–368.

Buckeridge, M. S., Aidar, M. P. M., Santos, H. P., & Tiné, M. A. S. (2004). Acúmulo de reservas. Em: Ferreira, A. G., Borghetti, F. (Eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, p. 324.

Braga, A. C. C., Silva, A. E., Pelais, A. C. A., Bichara, C. M. G., & Pompeu, D. R. (2010). Atividade antioxidante e quantificação de compostos bioativos dos frutos de abricó (*Mammea americana*). *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, 21 (1), 31-36.

Cantu-Jungles, T. M., Cipriani, T. R., Iacomini, M., Hamaker, B. R., & Cordeiro, L. M. C. (2017). A pectic polysaccharide from peach palm fruits (*Bactris gasipaes*) and its fermentation profile by the human gut microbiota *in vitro*. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 1–6.

Carvalho, M. G. de, José-Costa, M. C. da, Valdomiro-Souza, A. B. de, Maia, G. A. (2008). Avaliação dos parâmetros físicos e nutricionais de amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia. *Revista Ciência Agronômica*, 39, 517-523.

Clement, C., Weber, J. C., Van Leeuwen, J., Domian, C. A., Cole, D. M., Lopez, L. A., & Argüello, H. (2004). Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, 61, 195–206.

Clement, C. R., Kalil Filho, A. N., Modolo, V. A., Yuyama, K., Rodrigues, D. P., Van Leeuwen, J., Farias Neto, J. T., Cristo-Araújo, M., & Flores, W. B. C. (2009).

- Domesticação e melhoramento de pupunha*. In: Borém, A., Lopes, M. T. G., Clement, C. R. (Ed). *Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas*. Viçosa: Editora UFV, p. 363-394.
- Cucaita, N. A., Hernández, M. S., & Gutiérrez, R. H. (2014). Comparison between chocolate and an analog product made from copoazú (*Theobroma grandiflorum*). *Acta Horticulturae*, 1047, 231–236.
- Cunha, P. L.R., Vieira, Í. G. P., Arriaga, Â. M. C., De Paula, R. C. M., & Feitosa, J. P. A. (2009). Isolation and characterization of galactoman-nan from *Dimorphandra gardneriana Tul.* seeds as a potential guar gum substitute. *Food Hydrocolloids*, 23, 880-885.
- De Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2007). Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (13), 5062–5072.
- Dessimoni-Pinto, N. A. V., Silva, V. M., Batista, A. G., Vieira, G., Souza, C. R., Dumont, P. V., & Santos, G. K. M. (2010). Physical-chemical characteristics of “macaúba” almond and its use in the elaboration of cereal bar. *Brazilian Journal of Food and Nutrition*, 21 (1), 79-86.
- Fenner, M., & Thompson, K. (2006). In: Fenner, M., Thompson, K. (Eds.). *The ecology of seeds*. Cambridge, U.K. Cambridge: University Press, p. 250.
- Finnegan, R.A., & Merkel, K.E. (1972). Constituents of *Mammea americana* L. IX. Oxidation of mammein and mammeisin. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 61, 1603–1608.
- Finnegan, R.A., Merkel, K.E., & Patel, J.K., 1973. Constituents of *Mammea americana* L. XII. Biological data for xanthenes and benzophenones. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 62, 483–485.
- Fonseca, E. B. A., Moreira, M. A., & Carvalho, J. G. (2001). Cultura da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). Boletim de extensão 29. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: [http://www.editora.ufla.br/bolextensao/pdfbe/bol\\_29.pdf](http://www.editora.ufla.br/bolextensao/pdfbe/bol_29.pdf).
- Glória, B. A., Carmello-Guerreiro, S. M. (2006). *Anatomia Vegetal*. (2 ed.). Viçosa: UFV, p. 438.
- Gonçalves, A. E. S. S., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2010). Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (8), 4666–4674.
- Gonçalves, J. F. C., Lima, R. B. S., Fernandes, A. V., Borges, E. E. L., & Buckeridge, M. S. (2010). Caracterização fisiológica e bioquímica do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) durante a germinação de sementes e crescimento de mudas em condições aeróbias e anaeróbias. *Revista Árvore*, 34, 1045-105.
- Grein, A., Da Silva, B. C., Wendel, C. F., Tischer, C. A., Sierakowski, M. R., Moura, A. B. D., Iacomini, M., Gorin, P. A. J., Simas-Tosin, F. F., & Riegel-Vidotti, I. C. (2013). Structural characterization and emulsifying properties of polysaccharides of *Acacia mearnsii* de Wild gum. *Carbohydrate Polymers*, 92, 312–320.
- Jardini, F. A., Mancini Filho, J. (2007). Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes da romã (*Punica granatum*, L.). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 43, 80-83.

- Jorge, L. H. A. (2011). Cultivo e beneficiamento do cupuaçu. *Dossiê Técnico*, SENAI-Amazonas.
- Lim, T. K. (2012). *Theobroma grandiflorum*. In Edible Medicinal and non Medicinal Plants. *Dordrecht: Springer Netherlands*, 252-258.
- Lira, C. S., Berruti, F. M., Palmisano, P., Berruti, F., Briens, C., & Pécora, A. A. B. (2013). Fast pyrolysis of Amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seeds in a bubbling fluidized bed reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 99, 23–31.
- Lorenzi, H., Bacher, L., Lacerda, M., & Sartori, S. (2006). *Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas: de Consumo in natura*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 672.
- Marcos, F. L. (2005). *Fisiologia de Sementes Plantas Cultivadas*. Piracicaba. FEALQ, p. 495.
- Martínez-Girón, J., Figueroa-Molano, A. M., & Ordóñez-Santos, L. E. (2017). Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. *Food Science and Technology*. Epub March 09, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.14916>.
- Mirhosseini, H., & Tan, C. P. (2010). Effect of various hydrocolloids on physicochemical characteristics of orange beverage emulsion. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 8, 308–313.
- Mora-Urpí, J., Weberand, J. C., & Clement, C. R. (1997). Peach palm. *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. *Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy*.
- Morales, A. L., & Duque, C. (2002). Free and glycosidically bound volatiles in the mammee apple (*Mammea americana*) fruit. *European Food Research and Technology*, 215, 221–226.
- Oliveira, T. B., & Genovese, M. I. (2013). Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International*, 51, 929–935.
- Pinent, M., Castell-Auví, A., Genovese, M. I., Serrano, J., Casanova, A., Blay, M., & Ardévol, A. (2015). Antioxidant effects of proanthocyanidin-rich natural extracts from grape seed and cupuassu on gastrointestinal mucosa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (1), 178–182.
- Peng, F., Peng, P., Xu, F. & Sun, R. C. (2012). Fractional purification and bioconversion of hemicelluloses. *Biotechnology Advances*, 30, 879–903.
- Pugliese, A. G., Tomás-Barberán, F. A., Truchado, P., & Genovese, M. I. (2013). Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin c, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2720– 2728.
- Quesada, S., Azofoitea G., Jatunov, S., Jiménez, G., Navarr, L., & Gómez, G. (2011). Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris Gasipaes*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(6), 482-489.
- Rajjou, L., & Debeaujon, I. (2008). Seed longevity: Survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *Biologies*, 331, 796-805.

- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellstrom, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120 (1), 128–133.
- Ribeiro, S. M. R., Queiroz, J. H., Queiroz, M. E. L. R., Campos, F. M., & Santana, H. M. P. (2007). Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62 (1), 13-17.
- Rojas-Garbanzo, C., Perez, A. M., Bustos-Carmona, J., & Vaillant, F. (2011). Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* HBK) flour. *Food Research International*, 44 (7), 2377-2384.
- Rufino, M. S. M., Alves, R., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996–1002.
- Sagrillo, M. R., Garcia, L. F. M., Filho, O. C. S., Duarte, M. M., Ribeiro, E. E., Cadoná, F. C., & Cruz, I. B. (2015). Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. *Food Chemistry*, 173, 741–748.
- Santos, M. S., Miguel, O. G., Petkowicz, C. L. O., Cândido, L. M. B. (2012). Antioxidant and fatty acid profile of gabioba seed (*Campomanesisa Xanthocarpa* Berg). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32, 234-238.
- SEDAP. (2012). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e de Pesca. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/>. Acesso em 11-01-2017.
- Soriano, D., Orozco-Segovia, A., Márquez-Guzmán, J., Kitajima, K., Buen, A. G., & Huante, P. (2011). Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. *Annals of Botany*, 107, 939–951.
- Taiz, L., Seiger, E. (2010). *Fisiologia Vegetal*. 4 Ed. Porto Alegre, Artmed, p. 819.
- Takemoto, E., Okada, I. A., Garbelotti, M. L., Tavares, M., Aued-Pimentel, S. (2001) Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis. *Estado de Goiás. Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 60, 113-117.
- Toma, W., Hiruma-Lima, C. A., Guerrero, R. O., & Brito, A. S. (2005). Preliminary studies of *Mammea americana* L. (Guttiferae) bark/latex extract point to an effective antiulcer effect on gastric ulcer models in mice. *Phytomedicine*, 12 (5), 345–350.
- Vriesmann, L. C., Silveira, J. L. M., & Petkowicz, C. L. D. O. (2010). Rheological behavior of a pectic fraction from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). *Carbohydrate Polymers*, 79, 312–317.
- Wagner, R., Simas, F. F., Pereira, G. C. Z., Angeli, A., Brito, J. O., Woranovicz-Barreira, S. M., Delgobo, C. L., Sasaki, G. L., Iacomini, M., & Gorin, P. A. J. (2007). Structure of a glycolglucuronomannan from the gum exudate of *Vochysia tucanorum* (family Vochysiaceae). *Carbohydrate Polymers*, 69 (3), 512–521.
- Wang, L., Liu, F., Wang, A., Yu, Z., Xu, Y., Yang, Y. (2017). Purification, characterization and bioactivity determination of a novel polysaccharide from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. *Food Hydrocolloids*, 66, 357-364.

## CAPÍTULO 2

### Chemical and Nutritional Potential of Amazonian Seeds: Cupuassu and Tucuman

Rutelene C. Pinheiro<sup>(1)</sup>, Ladyslène, C. Paula<sup>(2)</sup>, Katia F. Fernandes<sup>(2)</sup>, Antonio M. C. Rodrigues<sup>(1)</sup>, Luiza H. M. Silva<sup>(1,\*)</sup>

*(1) Technology Institute, Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pará, Guamá, 66075-900, Belém, Pará, Brazil.*

*(2) Institute of Biological Sciences II, Laboratory of Polymer Chemistry, Federal University of Goiás, 74001-970, Goiânia, Goiás, Brazil.*

Corresponding author: [lhmeller@ufpa.br](mailto:lhmeller@ufpa.br)

# Chemical and Nutrition Potential of Amazonian Seeds: Cupuassu and Tucuman

---

**Abstract** The main chemical and nutritional compounds in the kernels of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and tucuman (*Astrocaryum aculeatum*) were evaluated using analyses of centesimal composition, mineral content, ant nutritional factors, amino acid profile, fatty acid profile, and morphology. The chemical composition revealed that both kernels have high lipid content (>43 %) made up of saturated and monounsaturated fatty acids, besides all essential amino acids. Potassium, phosphorus, and magnesium were found to be the main minerals present. Among the ant nutritional factors investigated, no hemagglutination activity, cyanogenic compounds, or trypsin or  $\alpha$ -amylase inhibitors were found. High phenolic compound contents were found in both kernels. The constituents identified in the kernels are mainly made up of lipids, carbohydrates, and proteins, which makes them foods with high nutritional and energy values. Both can be directly consumed or added to the preparation of food products or may be applied in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries.

**Keywords** *Astrocaryum aculeatum*, *Theobroma grandiflorum*, Amazonian fruits, Centesimal composition, Anti- Nutritional Factors

---

## 1. Introduction

In recent years, an increasing number of studies have been carried out on using seeds and plants as sources of active compounds. Fruits of several palm trees are being studied for their constituents in pulp, skin, and seeds to identify their nutritional quality [1, 2, 3].

Many seeds have high contents of lipids and proteins, which meet most nutritional requirements of children and adults due to the presence of amino acids and other healthful substances, among which chia, quinoa, and amaranth [4, 5, 6]. Edible seeds have been increasingly consumed alone and used to prepare foods, which has produced a promising market. The search for foods with high nutritional value has driven researchers to study materials from unconventional sources for the extraction of compounds of interest [7].

Examples include cupulate (a product with nutritional characteristics like those of chocolate) and the fat extracted from cupuassu seeds, which is used as raw material to make cupuassu butter, a replacement of cocoa butter in foods and cosmetics [8]. Another example is the use of tucuman rind and kernel for biochar production and oil extraction, respectively [9]. In this context, cupuassu and tucuman must be further investigated to identify constituents of interest, particularly active compounds with antioxidant properties. To better use these seeds, their anti-nutritional factors, such as amylase inhibitors, tannins, trypsin inhibitors, and phytates, must be determined. These factors are usually found in raw materials of plant origin and may hinder the availability of certain nutrients in the organism, such as the absorption of minerals and proteins, and cause harm to human health [10].

Aiming to expand the knowledge on the main chemical compounds and the nutritional value of Amazonian seeds, this study evaluated the fatty acid and amino acid profiles, centesimal composition, mineral content, and ant nutritional factors of cupuassu and tucuman kernels to propose options for their rational use. The study also contributes to minimizing the environmental impact caused by the accumulation of processing waste and driving the socioeconomic development of the region.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Materials

The tucuman fruits were collected in two different lots in the city of Colares, 101 km from the state of Para capital, Belém, during the harvest period in March and April of 2016. The fruits attached to the bunches were sent to the Laboratory of Food Analysis of the Federal University of Pará. After selection, the fruits were washed, hygienized and sanitized with 100 ppm sodium hypochlorite solution, followed by depulping and removal of the seeds, which were mixed as a single lot, placed in plastic bags and stored at -18 °C.

The cupuassu seeds were purchased in 2016 from cooperatives that depulp the fruits in the city of Acara, 162 km from Belem, and sent to the Laboratory of Food Analysis, where they were selected and mixed as a in single lot, washed, hygienized, sanitized with 100 ppm sodium hypochlorite, placed in plastic bags, and stored at -18 °C. All chemicals and reagents used in this study were analytical grade and purchased from Sigma-Aldrich Co (St. Louis, Mo., USA).

### 2.2. Obtaining the Kernels

After the whole seeds were thawed, they underwent drying at 75 °C for 24 h in a forced air circulation oven (Soc Fabbe Ltda, Series 0179, São Paulo, Brazil) and were then broken to obtain the kernels (endosperm). Cupuassu kernels were obtained using a nutcracker and an automated press (Marconi, MA 098/20EL, Piracicaba, Brazil) was used for tucuman. The kernels were ground in a mill (Cadence, MDR 302, Santa Catarina, Brazil) to obtain flour, which was vacuum-packaged (Fastvac, F200, Santo André, Brazil) and stored at room temperature (28 °C) until the analyses.

### 2.3. Centesimal Composition

The centesimal composition analyses of cupuassu and tucuman kernel flours were performed in triplicate according to AOAC norms [11] (Method n. 925.09 for Moisture, Method n. 923.03 for Ash, Method n. 945.38 for Fat, Method n. 992.23 for proteins). The results were expressed as mean and standard deviation among the samples. Moisture content was measured in an oven at  $105 \pm 2$  °C; lipids, using Soxhlet extraction with petroleum ether; proteins ( $N \times 6.25$ ), by the Kjeldahl method; and ashes, by incineration at 550 °C (Fornitec, Model 2017, São Paulo, Brazil). The total energy value (TEV) was calculated based on Atwater conversion factors, described by Osborne and Voogt [12], considering the sum of the energy from the macronutrients and expressed as kilocalories (kcal) [13], where  $TEV = [4 \text{ (Protein + Carbohydrates)} + 9 \text{ (Fat)}]$ .

### 2.4. Total Phenolic Compounds

Total phenolic compound contents were determined by the Folin-Ciocalteu method [14] using galic acid for the calibration curve at 0.01 and 0.15 mg.mL<sup>-1</sup> ( $y = 44.32x + 0.0037$ ;  $r^2 = 0.9964$ ) and the results were expressed as mg galic acid equivalent (GAE). 100 g sample<sup>-1</sup>.



## 2.5. Mineral Analysis

The minerals present in the kernel flours were quantified according to methodology by the AOAC (Methods 968.08 e 965.09) [11]. Copper (Cu), selenium (Se), phosphorus (P), magnesium (Mg), manganese (Mn), and zinc (Zn) were analyzed using an atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu, AA 6300). Sodium (Na) and potassium (K) were quantified using a flame photometer (Quimis, Q 398 M2, Diadema, Brazil).

## 2.6. Ant Nutritional Factors

Trypsin-inhibitor activity was assessed according to the methodology described by Arnon [15], with absorbance read at 280 nm in a spectrophotometer (Biospectro, BEL SP 2000, Curitiba, Brazil). The activity of  $\alpha$ -amylase inhibitors was determined according to Deshpande and Salunkhe [16], with absorbance read at 550 nm and  $\alpha$ -amylase activity expressed as units (U), which correspond to the formation of 1  $\mu$ mol of reducing sugar per minute. Phytic acid content was determined by the method described by Latta and Eskin [17] and DOWEX 1x2-200 ion-exchange resin used according to Ellis and Morris [18]. Absorbance was read at 550 nm and the results were expressed as mg.100 g<sup>-1</sup>. Tannin content was estimated according to the methodology proposed by the AOAC [19] (Method n. 955.24) using tannic acid as standard, absorbance reading at 760 nm, and results expressed as mg.100 g<sup>-1</sup>. The presence of biologically important tannins was assessed using the methodology proposed by Cabral, Peixoto Sobrinho, Amorim and Albuquerque [20], with results analyzed for the presence or absence of turbidity.

The sample's hemagglutination capacity was determined according to the methodology described by Moreira and Perrone [21], with results analyzed for the presence or absence of agglutination. The samples were analyzed for cyanidric acid using Guignard's test, a qualitative technique that confirms the presence or absence of cyanides in toxic extracts. Plum seeds were used as standard to compare the presence of cyanogenic compounds due to their content of cyanogenic glycosides precursors of hydrogen cyanide [22].

## 2.7. Amino Acid Analysis

Amino acid profile was determined according to the methodology employed by White, Hart and Fry [23] and Hagen, Frost and Augstin [24]. Quantification was performed by multi-level internal calibration using alpha-aminobutyric acid (AABA) as internal standard. The result was expressed as g.100 g protein<sup>-1</sup>.

## 2.8. Fatty Acid Analysis

Fatty acid conversion into methyl esters (FAMES) used the method proposed by Rodrigues, Darnet and Silva [25] and detected using a gas chromatograph (Varian, CP-3380) equipped with a flame ionization detector (FID) and a CP-Sil 88 capillary column (length 60 m, internal diameter 0.25 mm, thickness 0.25 mm; Varian Inc., USA). The process conditions were: helium as carrier gas with 0.9 mL.min<sup>-1</sup> flow, FID at 250 °C, injector (1:100 split ratio) at 245 °C, and injection volume of 1  $\mu$ L. Column temperature was programmed at 80 °C for 4 min followed by an increase at 4 °C.min<sup>-1</sup> until 220 °C. The retention time and area of each peak were calculated using the software Varian 3.4.1 and the results were expressed as percentage relative to the total fatty acids.

## 2.9. Morphological Analysis

The morphological analyses of the kernel flours were performed in a digital scanning electron microscope (Zeiss, LEO-1430, Hamburg, Germany). The samples were gold coated for 2 min. The analysis conditions for secondary electron images were: electron beam current = 90  $\mu\text{A}$ , constant acceleration voltage = 10 kV, and work distance = 15 mm. The images were acquired and digitized.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Centesimal Composition

Table 1 shows the centesimal composition of cupuassu and tucuman kernels, expressed in dry basis. Both kernels had low moisture content at 1.37 g.100 g<sup>-1</sup> for tucuman and 2.13 g.100 g<sup>-1</sup> for cupuassu, which indicates the drying process was effective in ensuring microbiological control and extending the product's shelf life as it reduced water availability for the development of microorganisms and chemical reactions. The ash contents ranged from 1.05 to 3.06 g.100 g<sup>-1</sup> for tucuman and cupuassu kernels, respectively. The high lipid percentage found in the kernels (43 to 45 g.100 g<sup>-1</sup>) makes them possible sources of oil (lipids), and companies already extract oil and butter from tucuman and cupuassu seeds [8].

The protein contents found in the samples were 6.25 g.100 g<sup>-1</sup> for tucuman kernel and 10.13 g.100 g<sup>-1</sup> for cupuassu kernel. The percentages found in this research correspond to values reported for other raw materials of plant origin, such as cereals, which can contain from 6 to 15 g.100 g<sup>-1</sup> proteins, and leguminous plants, whose protein concentration ranges from 10 to 30 g.100 g<sup>-1</sup> [26].

Carbohydrate contents ranged from 39.4 to 48.3 g.100 g<sup>-1</sup> for cupuassu and tucuman kernels, respectively. The percentages found in the samples are similar to those reported for other seed and kernel varieties, whose cell-wall carbohydrates are the main reserve component. That makes the kernels studied in this research possible sources of starches or polysaccharides from primary and secondary cell walls as their structures may contain cellulose, hemicelluloses, pectins, lignins, xylans, galactomannans, and glucomannans [27].

The caloric values found for cupuassu and tucuman kernels were 605.7 and 605.5 kcal.100 g<sup>-1</sup>, respectively. Despite the high caloric value found, their intake is recommended given the presence of healthful fatty acids, which makes them good energy sources like pistachio (557 kcal.100 g<sup>-1</sup>) and cashew nut (574 kcal.100 g<sup>-1</sup>), according to the USDA [28].

Since the kernels were basically made up of lipids, proteins, and carbohydrates, they have high aggregated nutritional value and may be consumed directly or added to the preparation of food products such as cakes, cookies, extracts, or beverages to increase their nutritional value.

### 3.2. Phenolic Compounds

The concentrations of phenolic compounds found in the cupuassu and tucuman kernels were 11,797.0 and 1,178.6 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>, respectively. Those substances have antioxidants properties and, when present in fruits, are also able to kill or inhibit microorganism growth. Jobim et al. [29] reported antibacterial activity against three Gram-positive bacteria and antifungal activity against *C. albicans* of tucuman pulp extracts and rind. The concentrations of phenolic compounds in the kernels were higher than those of quinoa seeds (71.7 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>) and amaranth seeds (21.2 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>) [5]. The high bioactive compound concentration in the kernels has potential use in foods, cosmetics, and pharmacological formulations, particularly aiming to replace synthetic antioxidants with natural ones.

**Table 1** Chemical composition (centesimal composition, mineral, ant nutritional factors) of the cupuassu and tucuman kernels in dry basis.

Components	Kernels	
	Cupuassu	Tucuman
<i>Centesimal composition (g/100g)</i>		
Moisture	2.1±0.1	1.4±0.2
Fat	45.30±0.01	43.0±0.8
Protein	10.13±0.08	6.25±0.08
Ash	3.1±0.3	1.1±0.1
Carbohydrates	39.4	48.3
TEV (kcal)	605.7	605.5
<i>Phenolic compounds (mg/100 g)</i>	11797.00±0.01	1178.62±0.02
<i>Minerals</i>		
<i>Macrominerals (mg/100g)</i>		
Ca	103.2±0.3	54.2±0.2
P	369.3±0.1	202.4±0.4
K	743.12±0.07	372.3±0.8
Mg	255.13±0.07	115.4±0.3
Na	5.3±0.4	7.7±0.1
<i>Microminerals (mg/100g)</i>		
Fe	3.36±0.04	2.50±0.07
Cu	3.09±0.02	0.7±0.1
Mn	Nd	Nd
Zn	0.3±0.1	1.1±0.2
Se	0.0054	0.0032
<i>Ant nutritional factors</i>		
Trypsin inhibitor	Not detected	Not detected
$\alpha$ -amylase inhibitor	Not detected	Not detected
Phytates (mg/100 g)	127.64±0.01	97.84±0.01
Tannin (mg/100 g)	153.48 ±0.02	17.04±0.01
Tannins of biological importance	Detected	Not detected
Hemagglutination activity	Not detected	Not detected
Cyanogenic compounds	Not detected	Not detected

Results are mean of three different determinations ± standard deviation.

### 3.3. Mineral Content

The cupuassu and tucuman kernels had good content of essential minerals and low sodium content (Table 1). The concentration of potassium, phosphorus, magnesium, and calcium stood out in both samples. Cupuassu kernels had 743.12 mg.100 g<sup>-1</sup> potassium, 369.3 mg.100 g<sup>-1</sup> phosphorus, 255.13 mg.100 g<sup>-1</sup> magnesium, and 103.2 mg.100 g<sup>-1</sup> calcium. Tucuman kernels had 202.42 mg.100 g<sup>-1</sup> phosphorus, 372.25 mg.100 g<sup>-1</sup> potassium, 115.41 mg.100 g<sup>-1</sup> magnesium, and 54.20 mg.100 g<sup>-1</sup> calcium.

The minerals found in the kernels are essential for bone formation and for good muscle function. The concentrations found are higher than those reported for cooked chickpea by Alajaji and El-Adawy [30] of 195, 341, and 165 mg.100 g<sup>-1</sup> for P, K, and Mg, respectively. Mineral concentrations of cupuassu kernels were also higher than the ones reported by Jonnala, Dunford, and Chenault [31] for different peanut varieties of 584.20, 199.25, and 83.22 mg.100 g<sup>-1</sup> for P, Mg, and Ca. Another noteworthy result in this research is the low sodium concentration found in cupuassu (5.34 mg.100 g<sup>-1</sup>) and tucuman (7.70 mg.100 g<sup>-1</sup>) kernels, significantly lower than that reported for peanut (25.88 mg.100 g<sup>-1</sup>) by Jonnala, Dunford and Chenault [31], which contributes to the use of the kernels as ingredients in food preparations that require lower sodium levels.

### 3.4. Composition of Anti-Nutrition Factors

The result of the main anti-nutritional factors investigated in the cupuassu and tucuman kernels are shown in Table 1. No trypsin inhibitors,  $\alpha$ -amylase inhibitors, hemagglutination activity, or cyanogenic compounds were found in the samples, thus the kernels may be safely used to prepare foods with no adverse impacts caused by the intake of those anti-nutritional factors that have been widely reported to cause toxicity (cyanogenic glucosides that release hydrogen cyanide) or for interfering with the activity of digestive enzymes, which hampers the digestion and absorption of proteins and carbohydrates [32]. The phytate contents found for cupuassu and tucuman kernels were 127.64 and 97.84 kcal.100 g<sup>-1</sup>, respectively. The results of this research were satisfactory since the concentrations of phytates were not high, lower than cashew nuts, Brazil nuts, macadamia nuts, almonds, and walnuts, whose concentrations ranged from 150 to 350 mg.100 g<sup>-1</sup> [33]. Tannin contents found in cupuassu (153.48 mg.100 g<sup>-1</sup>) and tucuman (17.04 mg.100 g<sup>-1</sup>) kernels were low compared with other foods such as raw chickpea (485 mg.100 g<sup>-1</sup>) and *Acacia tortilis* (Forssk) seeds (980 mg.10 g<sup>-1</sup>) [34]. According to Gemede and Ratta [10], some anti-nutritional factors such as phytic acid and tannins may be beneficial to health when used at low concentrations and have been related to reductions in cancer and blood plasma cholesterol levels.

### 3.5. Amino Acid Composition

The amino acid profile and chemical score of essential amino acids of the kernels studied are shown in Table 2.

The cupuassu and tucuman kernels had all essential amino acids, however, at lower levels than the reference standard FAO/WHO [35]. The main essential amino acid in cupuassu kernel was leucine, at 18.1 mg amino acid.g protein<sup>-1</sup>, while phenylalanine stood out in tucuman kernel at 2.6 mg amino acid.g protein<sup>-1</sup>. Among the non-essential amino acids, glutamic acid stood out at 14.8 mg.g<sup>-1</sup> in cupuassu kernel and 13.25 mg.g<sup>-1</sup> for tucuman kernel. According to the results, the kernels had high protein quality due to the presence of essential amino acids.

**Table 2** Amino acid compositions and essential amino acid score of cupuassu kernels and tucuman kernels compared to the essential amino acid pattern suggested by FAO/WHO (mg/ g protein).

Amino acid	Amino acid (mg /g protein)			Essential amino acid score	
	Cupuassu Kernels	Tucuman Kernels	FAO/WHO reference*	AC**	AT***
<i>Essential</i>					
Cystine (Cys)	1.05 ±0.07	0.40 ± 0.04			
Methionine (Met)	1.45 ±0.07	1.1 ±0.1			
Valine (Val)	5.2 ± 0.1	2.30 ± 0.02	39	0.13	0.05
Isoleucine (Ile)	7.1 ± 0.3	1.6 ± 0.3	30	0.23	0.05
Leucine (Leu)	18.10 ±0.04	2.5 ± 0.2	59	0.30	0.04
Tyrosine (Tyr)	3.9 ± 0.02	1.0 ± 0.1			
Phenylalanine (Phe)	4.0 ± 0.1	3.6 ± 0.1			
Histidine (His)	1.7 ± 0.1	1.0 ± 0.1	15	0.11	0.06
Lysine (Lys)	4.85 ±0.07	2.9 ± 0.1	45	0.10	0.06
Threonine (Thr)	4.85 ±0.07	2.3 ± 0.1	23	0.21	0.1
Phe + Tyr	7.90	4.60	38	0.20	0.12
Met + Cys	2.50	1.50	22	0.11	0.06
<i>Nonessential</i>					
Aspartic acid (Asp)	10.75 ±0.07	3.7 ± 0.1			
Proline (Pro)	5.30 ± 0.01	2.3 ± 0.1			
Serine (Ser)	5.05 ± 0.07	2.15 ±0.07			
Glutamic acid (Glu)	14.8 ± 0.4	13.25±0.07			
Glycine (Gly)	4.8 ± 0.3	2.3 ± 0.1			
Alanine (Ala)	4.75 ± 0.07	2.6 ± 0.1			
Arginine (Arg)	6.2 ± 0.4	8.4 ± 0.3			

Results are mean of three different determinations ± standard deviation; \* FAO/WHO reference for adults. Phe +Tyr (phenylalanine + Tyrosine); Met + Cys (methionine + Cystine); \*\* AC= cupuassu kernels; \*\*\* AT= tucuman kernels.

### 3.6. Fatty Acid Composition

The lipid profiles of the kernels studied are shown in Table 3. The main fatty acids found were stearic, oleic, and lauric.

**Table 3** Fatty acid composition of cupuassu and tucuman kernels.

Fatty acid (g/100g)	Kernels	
	Cupuassu	Tucuman
<b>Saturated fat acid (SFA)</b>	42.92	91.36
Caprylic (C 8:0)	0	2.4± 0.6
Capric (C 10:0)	0	2.7± 0.3
Lauric (C 12:0)	0.09± 0.02	63.3± 0.2
Tridecyclic (C 13:0)	0	0.04± 0.02
Myristic (C 14:0)	0.05± 0.06	18.5± 0.3
Palmitic (C 16:0)	7.6± 0.2	3.3± 0.3
Margaric (C 17:0)	0.14± 0.09	0
Stearic (C 18: 0)	35.0± 0.7	1.1± 0.3
<b>Monounsaturated fatty acid (MUFA)</b>	42.28	6.45
Oleic (C 18:1 n-9)	42.3± 0.4	6.5± 0.5
<b>Polyunsaturated fatty acid (PUFA)</b>	14.77	2.13
Linoleic (C 18:2)	3.8± 0.2	2.1± 0.8
α-linolenic (C 18:3)	11.0± 0.7	0
ω-6/ω-3*	0.34	0

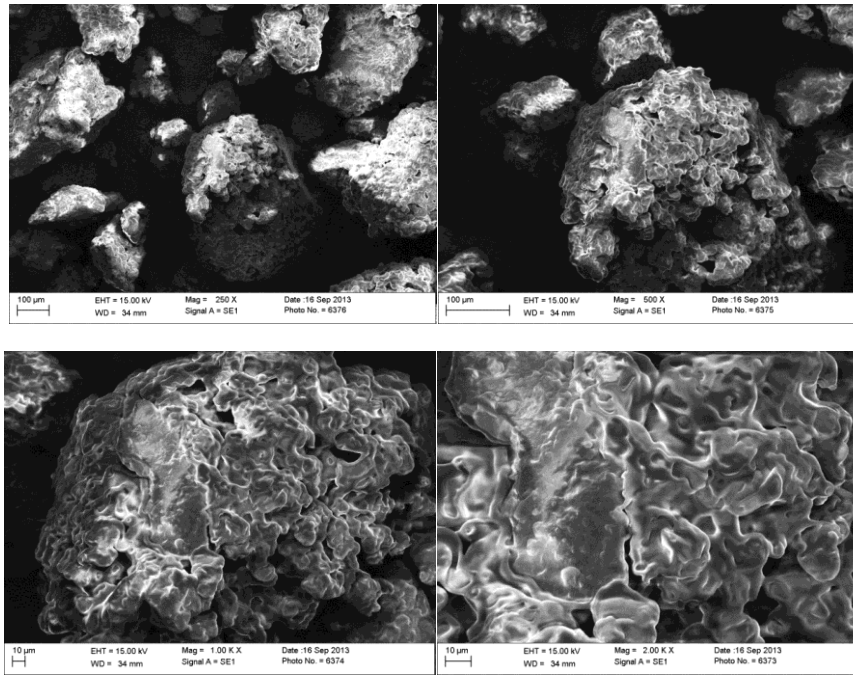
Results are mean of three different determinations ± standard deviation. \* Relation of linoleic (ω-6) and linolenic (ω-3) fatty acids.

The oil extracted from the cupuassu kernel had three major fatty acids, oleic (42.28 g.100 g<sup>-1</sup>), stearic (35 g.100 g<sup>-1</sup>), and α-linolenic (11 g.100 g<sup>-1</sup>). Oleic acid (ω-9) is beneficial to health while stearic acid, although saturated, is quickly converted into oleic acid in the organism, which makes it a healthy fat [36]. *In vivo* studies in rats using liqueur of roasted and fermented cupuassu and cocoa seeds concluded that the lipid profile of such liqueur contributes to reducing plasma triacylglycerol [8].

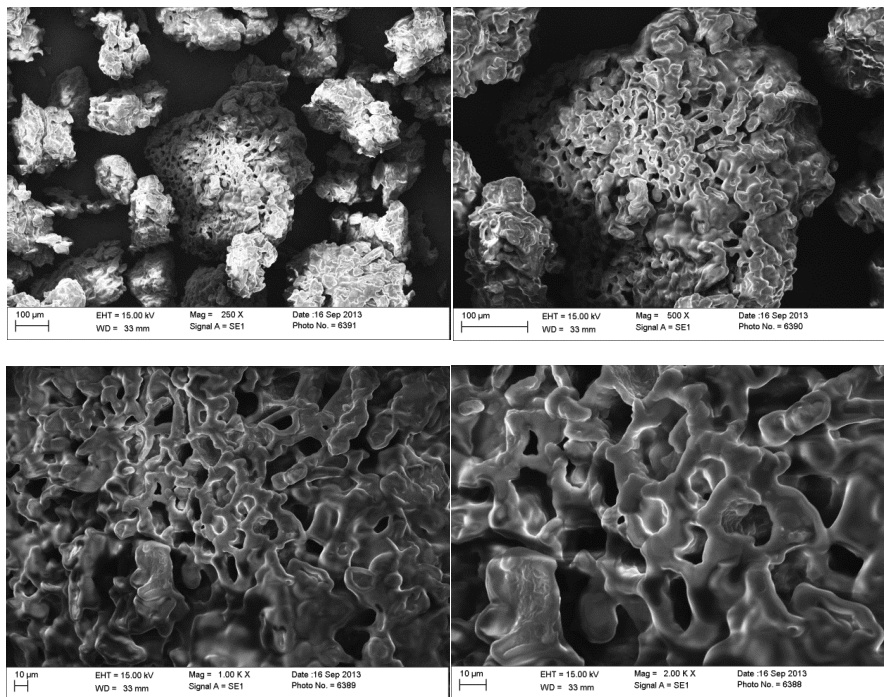
Tucuman kernel oil had high saturated fatty acid concentration (91.36 g.100 g<sup>-1</sup>) at 63.32 g.100 g<sup>-1</sup> lauric acid and 18.54 g.100 g<sup>-1</sup> myristic acid. Lauric acid is beneficial to health, has antimicrobial action against Gram-positive (*S. aureus*) and Gram-negative bacteria, and enhances the immune system [37]. In the food industry, lauric acid is employed as a replacement of hydrogenated vegetable fat to achieve a healthier diet [38]. In the pharmaceutical industry, it has been used as antimicrobial agent to treat infections [39]. The oil extracted from tucuman kernel is a good option for consumption and use in the food and pharmaceutical industries due to its high lauric acid concentration.

### 3.7. Morphological Analysis

The electron scanning micrographs of cupuassu and tucuman kernel flours are shown in Figure 1 and Figure 2. The surface structure of the cells identified in both kernels seem to be coated in a lipid matrix, observed at different magnification levels (250x-2000x), which matches the high lipid content found in the chemical composition of the kernels. Those structures were like the ones observed in papaya seeds in different lipid extraction processes [40].



**Figure 1.** Micrographs of cupuassu kernel flour at different scales and enlargement.



**Figure 2.** Micrographs of tucuman kernel flour at different scales and enlargement.

## 4. Conclusion

Cupuassu and tucuman kernels are mainly made up of lipids, carbohydrates, and proteins, which makes them foods with high nutritional and energy values. Both can be directly consumed or added to the preparation of food products.

Cupuassu kernels proved to be a product with excellent nutritional quality given the presence of oleic and stearic fatty acids and for their antioxidants properties due to the high phenolic compound concentration. They also have all essential amino acids and minerals, particularly potassium, phosphorus, and magnesium. Concentrations of sodium, phytates, and tannins are low, thus they may be used in food preparation.

Tucuman kernels showed antimicrobial and antioxidant action provided by the high concentrations of lauric acid and phenolic compounds. The kernel's nutritional quality is enhanced due to the presence of essential amino acids and three essential minerals (potassium, phosphorus, and magnesium) for muscle and bone formation. The low concentrations of sodium and ant nutritional phytates and tannins allow the kernels to be safely consumed.

The kernel constituents are relevant for the food, cosmetic, and pharmaceutical industries, particularly for their antioxidant properties.

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors are thankful to the Graduate Program in Food Science and Technology of the Federal University of Pará, Institute of Biological Sciences II of the Federal University of Goiás, PROPESP/UFPA (Provost's Office in Research and Graduate Studies), and CNPq (processes 308021/2015-0 477013/2013-9).

## REFERENCES

1. Sagrillo, M. R., Garcia, L. F. M., Filho, O. C. S., Duarte, M. M., Ribeiro, E. E., Cadoná, F. C., Cruz, I. B. (2015). Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. *Food Chemistry* 173, 741–748.
2. Lee, J. S., Synytsya, A., Kim, H. B., Choi, D. J., Lee, S., Lee, J., Kim, W. J., Jang, S., Park, Y. I. (2013). Purification, characterization and immunomodulating activity of apectic polysaccharide isolated from Korean mulberry fruit Oddi (*Morus alba* L.). *International Immunopharmacology*, 17, 858–866.
3. Dessimoni-Pinto, N. A. V., Silva, V. M., Batista, A. G., Vieira, G., Souza, C. R., Dumont, P. V., Santos, G. K. M. (2010). Physical-chemical characteristics of “macaúba” almond and its use in the elaboration of cereal bar. *Food and Nutrition*, 21 (1), 79-86.
4. Ayerza, R., Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34 (2), 1366-1371.
5. Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119, 770–778.
6. Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120 (1), 128–133.
7. Aldana, D. L. M., Gómez, B. T., Oca, M. M. M., Ayerdi, S. G. S., Meraz, F. G., Pérez, L. A. B. (2011). Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L) seeds starch in two mature stages. *Starch/Stärke*, 63 (3), 364–372.
8. Oliveira, T. B., Genovese, M. I. (2013). Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International*, 51, 929–935.



9. Lira, C. S., Berruti, F. M., Palmisano, P., Berruti, F., Briens, C., Pécora, A. A. B. (2013). Fast pyrolysis of Amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seeds in a bubbling fluidized bed reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 99, 23–31.
10. Gemedede, H. F., Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. *Global Advanced Research Journal of Food Science and Technology*, 3(4), 103-117.
11. AOAC (2005). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international. 18th ed. Maryland, USA.
12. Osborne, D. R., Voogt, P. (1978). The analysis of nutrient in foods. London: Academic Press, pp. 47, 156-158.
13. Júnior, M. C. A., Andrade, J. S. (2014). Amazonian Fruits: An overview of nutrients, calories and use in metabolic disorders. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1692-1703.
14. Xu, B., Chang, S. K. C. (2009). Total phenolic, phenolic Acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4754-4764.
15. Arnon, R. (1970). Papain. In *Methods Enzymol*, 19<sup>o</sup> Ed., Nova York, pp. 226-244.
16. Deshpande, S. S., Salunkhe, D. k. (1982). Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal of Food Science*, 47 (6), 2080-2083.
17. Latta, M., Eskin, M. (1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 28 (6), 1313-1315.
18. Ellis, R., Morris, R. (1986). Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. *Cereal Chemistry*, 63, 58-59.
19. AOAC (2012). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international. 19 ed. Washington, D.C.
20. Cabral, D. L. V., Peixoto Sobrinho, T. J. S., Amorim, E. L. C., Albuquerque, U. P. (2010). Relationship of biometric parameters on the concentration of tannins in two medicinal plants – a case study. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9 (5), 368-376.
21. Moreira, R. A., Perrone, J. C. (1977). Purification and partial characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiol*, 59 (5), 783-787.
22. Araújo, J. M. A. (2011). *Química de Alimentos: Teoria e Prática*. Viçosa: UFV, 601.
23. White, J. A., Hart, R. J., Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters pico-tag system for the amino-acid analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8 (4), 170-177.
24. Hagen, S. R., Frost, B., Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in foods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 912-916.
25. Rodrigues, A. M. C., Darnet, S., Silva, L. H. M. (2010). Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. *Journal Brazilian Chemistry Society*, 21(10), 2000-2004.
26. Tirapegui, J., Castro, I. A., Rossi, L. (2011). Biodisponibilidade de proteínas. In: Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de Nutrientes. 4 ed. São Paulo: Manole, pp. 68-123.
27. Bento, J. F., Mazzaro, I., De Almeida Silva, L. M., De Azevedo Moreira, R., Ferreira, M. L., Reicher, F., & De Oliveira Pettkowicz, C. L. (2013). Diverse patterns of cell wall mannan/galactomannan occurrence in seeds of the Leguminosae. *Carbohydrate Polymers*, 92 (1), 192-199.
28. USDA (2007). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service National Nutrient database for standard reference, Release 20. Available: <[http:// www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl](http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl)>. Accessed: March, 2013.
29. Jobim, M. L., Santos, R. C. V., Alves, C. F. S., Oliveira, R. M., Mostardeiro, C. P., Sagrillo, M. R., Filho, O. C. S., Garcia, L. F. M., Manica-Cattani, M. F., Ribeiro, E. E., Cruz, I. B. M. (2014). Antimicrobial

- activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. *Microbiological Research*, 169, 314–323.
30. Alajaji, S. A., El-Adawy, T. A. (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 806–812.
  31. Jonnala, R. S., Dunford, N. T., Chenault, K. (2005). Nutritional composition of genetically modified peanut varieties. *Journal of Food Science*, 70 (4), 254-256.
  32. Embaby, H. E. (2010). Effect of soaking, dehulling, and cooking methods on certain antinutrients and in vitro protein digestibility of bitter and sweet lupin seeds. *Food Science and Biotechnology*, 19(4), 1055-1062.
  33. Venkatachalam, M., Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible kernel seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (13), 4705-4714.
  34. Embaby, H. E., & Rayan, A. M. (2016). Chemical composition and nutritional evaluation of the seeds of *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne ssp. *Raddiana*. *Food Chemistry*, 200, 62–68.
  35. FAO/WHO (2007) Protein and amino acid requirements in human nutrition. In Report of Joint FAO/WHO/UNU expert consultation (pp.150). Food and agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. WHO Technical Report Series 935.
  36. Damiani, C., Almeida, T. L., Costa, N. V., Medeiros, N. X., Silva, A. G. M., Silva, F. A., Lage, M. E., Becker, F. S. (2013). Fatty acids profile and anti-nutritional factors of raw and roasted *Caryocar brasiliense* almonds. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43 (1), 71-78.
  37. Lograda, T., Chaker, A. N., Chalchat, J. C., Ramdani, M., Silini, H., Figueredo, G., Chalarde, P. (2010). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Genista ulicina* and *G. vepres*. *Natural Product Communications*, 5 (5), 835-838.
  38. Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D. M., Katan, M. B. (2003). Effects of dietary acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77 (5), 1146-1155.
  39. Skalicka-Wozniak, K., Los, R., Glowniak, K., & Malm, A. (2010). Glowniak K and Malm A, Antimicrobial activity of fatty acids from fruits of *Peucedanum cervaria* and *P. alsaticum*. *Chemistry and Biodiversity*, 7, 2748-2754.
  40. Chielle, D. P., Bertuol, D. A., Meili, L., Tanabe, E. H., & Dotto, G. L. (2016). Convective drying of papaya seeds (*Carica papaya* L.) and optimization of oil extraction. *Industrial Crops and Products*, 85, 221–228.

## CAPÍTULO 3

### Caracterização química e nutricional das sementes de pupunha (*Bactris gasipaes*) e abricó (*Mammea americana* L.)

Rutelene C. Pinheiro<sup>(1)</sup>, Antonio M. C. Rodrigues<sup>(1)</sup>, Luiza H. M. Silva<sup>(1,\*)</sup>

*(1) Technology Institute, Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pará, Guamá, 66075-900, Belém, Pará, Brazil.*

Corresponding author: [lhmeller@ufpa.br](mailto:lhmeller@ufpa.br)

## RESUMO

Com o intuito de propor alternativas para o aproveitamento das sementes de pupunha (*Bactris gasipaes*) e de abricó (*Mammea americana* L.) foram realizados nesta pesquisa análises de composição, conteúdo de minerais, avaliação dos fatores antinutricionais, perfil de aminoácidos, perfil de ácidos graxos e análise morfológica a partir da amêndoa (endosperma) das sementes. A amêndoa de pupunha apresentou elevado teor de lipídeos constituídos principalmente pelos ácidos graxos láurico (49,82 g.100g<sup>-1</sup>), mirístico (21,53 g.100g<sup>-1</sup>) e oleico (12,05 g.100g<sup>-1</sup>). A amêndoa de abricó é constituída em grande parte por carboidratos e pelos ácidos graxos palmítico (30,75 g.100g<sup>-1</sup>), oleico (36,16 g.100g<sup>-1</sup>) e linoleico (25,89 g.100g<sup>-1</sup>). Foram encontrados também: fósforo, magnésio, potássio, cálcio, ferro e zinco, em quantidades desejáveis para as duas amêndoas. A presença de aminoácidos essenciais e de compostos fenólicos enriquece o valor nutricional das amêndoas, as quais demonstram ter viabilidade para serem utilizadas em elaborações alimentícias, uma vez que não foram identificados inibidores de tripsina e de  $\alpha$ -amilase, atividade hemaglutinante e compostos cianogênicos, entre os antinutricionais avaliados. A baixa concentração de fitatos e taninos, juntamente com a identificação dos demais constituintes, contribuem para utilização das amêndoas tanto para a área de alimentos, quanto para produtos não alimentares.

Palavras chave: sementes, *Bactris gasipaes*, *Mammea americana* L., caracterização química.

## 1 Introdução

A região Amazônica possui uma grande variedade de frutas com sabores e aromas diversificados, os quais muitas vezes são desconhecidos ou pouco utilizados (De-Rosso & Mercadante, 2007), como por exemplo, os frutos da pupunha e do abricó, pertencente às famílias *Palmae* e *Clusiaceae*, respectivamente.

A pupunheira é conhecida cientificamente por *Bactris gasipaes* Kunth e é encontrada em toda a Bacia Amazônica (Clement et al., 2004). O fruto é consumido após cozimento em água e sal, e possui elevado conteúdo de carboidratos, proteínas, lipídeos e carotenoides, principalmente o  $\beta$ -caroteno, que contribui para o combate de doenças degenerativas e cardiovasculares (Rojas-Garbanzo, Pérez, Bustos-Carmona & Vail-Lant, 2011).

O abricoteiro é uma árvore nativa das Índias Ocidentais e do Norte da América do Sul. No Brasil é conhecida popularmente como abricó ou “abrico’-do-Pará” (Toma, Hiruma-Lima, Guerrero & Brito, 2005). O fruto é consumido *in natura* ou utilizado na produção de conservas, doces e pastas. Há relatos do uso do fruto para aplicações medicinais, no entanto, há poucos estudos a cerca do fruto de abricó, e a maioria deles estão voltados para suas propriedades fitoquímicas, como a pesquisa de Finnegan e Merkel (1972) que isolaram compostos de cumarina do óleo da semente.

Nas últimas décadas houve um aumento da utilização de partes não aproveitadas decorrentes do processo de despulpamento de frutas inseridas na alimentação, principalmente a utilização de sementes, devido apresentarem em sua composição lipídeos, carboidratos, proteínas e fibras, que atendem a maior parte das necessidades nutricionais de crianças e adultos, e por conterem propriedades benéficas para a saúde, devido à presença de aminoácidos essenciais e de compostos fenólicos (Repo-Carrasco-Valencia, Hellstrom, Pihlava & Mattila, 2010).

Visando utilizar as sementes de pupunha e de abricó, foram realizados neste estudo a caracterização química e nutricional de suas amêndoas, na qual foi avaliada a composição química, conteúdo de minerais, perfil de aminoácidos, perfil de ácidos graxos e a possível presença de fatores antinutricionais, com intuito de direcionar formas de beneficiamento para a utilização das sementes.

## 2 Material e métodos

## *2.1 Materiais*

Os frutos de pupunha e abricó foram adquiridos no mercado Ver-o-Peso, localizado na cidade de Belém (capital do Estado do Pará) no período de fevereiro a maio de 2016, os quais foram encaminhados para o laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Federal do Pará. Após a seleção dos frutos foram realizadas as etapas de lavagem, higienização e sanitização com hipoclorito de sódio 100 ppm, seguido de despulpamento e obtenção das sementes que foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -18 °C.

Todos os produtos químicos e reagentes utilizados neste estudo foram de grau analítica.

## *2.2 Obtenção das amêndoas*

Após o descongelamento as sementes inteiras de pupunha foram submetidas ao processo de secagem a temperatura de 75 °C por 24 h em estufa com circulação de ar (Ethik Tecnologic, 400-2ND) e posteriormente foram quebradas utilizando-se um quebra nozes para obtenção das amêndoas (endosperma). As sementes de abricó, após o descongelamento foram cortadas ao meio com auxílio de facas para a obtenção da amêndoa, a qual foi seca em estufa a 75 °C por 24 h. Após o processo de secagem, as amêndoas de pupunha e de abricó foram trituradas separadamente em moinho (Cadence, MDR 302) para a obtenção de uma farinha, que foi acondicionada e embalada a vácuo, em embaladora (Fastvac, F200), e armazenadas em temperatura ambiente (28 °C) até a realização das análises.

## *2.3 Composição centesimal*

Foram avaliados teor de umidade em estufa a  $105 \pm 2$  °C, lipídeos por Soxhlet com éter de petróleo, proteínas ( $N \times 6,25$ ) pelo método de Kjeldahl e cinzas por incineração a 550 °C, de acordo com as normas da AOAC (2005). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos como média e desvio padrão entre as amostras.

## *2.4 Valor energético total (VET)*

A soma da energia proveniente dos macronutrientes foi calculada pelos fatores de conversão de Atwater, descrito por Osborne e Voogt (1978) e expresso em quilocalorias (kcal) (Júnior & Andrade, 2014).

### *2.5 Compostos fenólicos totais*

Determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (Xu & Chang, 2009). Para a curva de calibração analítica utilizou-se ácido gálico em concentrações entre 0,01 e 0,15 mg/mL ( $y = 44,32x + 0,0037$ ;  $r^2 = 0,9964$ ) e os resultados expressos em mg ácido gálico equivalente (AGE)/100g de amostra.

### *2.6 Análises de minerais*

Determinados segundo a metodologia da AOAC (2005). Os minerais cobre (Cu), selênio (Se), Fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram analisados por espectrômetro de absorção atômica (Marca Shimadzu, modelo: AA 6300). Os minerais sódio (Na) e potássio (K) foram quantificados utilizando-se um fotômetro de chama (modelo Q 398 M2, Quimis).

### *2.7 Fatores antinutricionais*

Os inibidores de tripsina e de  $\alpha$ -amilase foram avaliados segundo a metodologia de Arnon (1970) e Deshpande e Salunkhe (1982), respectivamente. A leitura da absorbância da atividade inibidora de tripsina foi realizada a 280 nm em espectrofotômetro (Biospectro, modelo BEL SP 2000). A atividade de  $\alpha$ -amilase teve a leitura a 550 nm, e expressa em unidades (U), que correspondem à formação de um (1  $\mu$ mol) de açúcar redutor por minuto.

Para a determinação de ácido fítico utilizou-se a metodologia de Latta e Eskin (1980) e a resina DOWEX (1x2-200 ion-exchange resin) utilizada de acordo com Ellis e Morris (1986). A leitura da absorbância foi realizada 550 nm e os resultados expressos em mg.100g<sup>-1</sup>. O teor de taninos foi determinado segundo a AOAC (2012) utilizando ácido tânico como padrão. A leitura da absorbância foi realizada a 760 nm e os

resultados expressos em  $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Taninos de importância biológica foram avaliados de acordo com a metodologia proposta por Cabral, Peixoto Sobrinho, Amorim e Albuquerque (2010), e os resultados foram analisados quanto à presença ou ausência de turvação.

A capacidade de hemaglutinação nas amêndoas foi determinada de acordo com metodologia descrita por Moreira e Perrone (1977). Os resultados foram analisados quanto à presença ou ausência de aglutinação. A presença ou ausência de ácido cianídrico foi determinada segundo o teste Guignard, utilizando a semente de ameixa como padrão, uma vez que apresenta em sua composição glicosídeos cianogênicos precursores do ácido cianídrico (Araújo, 2011).

### *2.8 Análise de aminoácidos*

Os aminoácidos foram determinados segundo a metodologia descrita por White, Hart e Fry (1986) e Hagen, Frost e Augstin (1989). A quantificação foi feita por calibração interna multinível, com auxílio do ácido alfa-aminobutírico (AAAB), como padrão interno. Os resultados foram expressos em gramas por 100 g de proteína.

### *2.9 Análise de ácidos graxos*

Utilizou-se o protocolo proposto por Rodrigues, Darnet e Silva (2010), os ésteres metílicos (FAMES) foram detectados em cromatógrafo gasoso (Varian modelo CP 3380) equipado com um detector de ionização de chama com coluna capilar 88 CP-Sil (comprimento 60 m, diâmetro interno 0,25 mm, espessura 0,25 mm; Varian Inc., EUA). As condições de operação foram: hélio como gás de arraste com vazão de  $0,9 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , um detector FID a  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , um injetor (split razão de 1:100) a  $245 \text{ }^\circ\text{C}$  e um volume de injeção de  $1 \text{ } \mu\text{L}$ . A temperatura programada da coluna foi  $4 \text{ min}$  a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  seguido do aumento a uma taxa de  $4 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  até atingir  $220 \text{ }^\circ\text{C}$ . O tempo de retenção e a área de cada pico foram calculados utilizando o software Varian 3.4.1 e os resultados expressos em percentagem relativa do total de ácidos graxos.



## 2.10 Análise morfológica

Foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura digital - MEV (LEO-1430, Zeiss, Alemanha). As amostras foram metalizadas com ouro e o tempo de recobrimento foi de 2,0 min. As condições de análises para as imagens de elétrons secundários foram: corrente do feixe de elétrons = 90  $\mu\text{A}$ , voltagem de aceleração constante = 10 kV, distância de trabalho = 15 mm. As imagens foram capturadas e digitalizadas.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Composição centesimal

A Tabela 1 ilustra o resultado da composição centesimal das amêndoas de pupunha e abricó, sendo todos os resultados expressos em base seca. As amêndoas demonstraram um alto valor nutricional, por serem constituídas principalmente por carboidratos, lipídeos e proteínas. Em ambas, o principal constituinte foi o carboidrato, com 50  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  e 76,44  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  para as amêndoas de pupunha e abricó, respectivamente. Carboidratos são os principais componentes de reserva da parede celular de sementes e amêndoas, tendo como principais representantes o amido e polissacarídeos (Bento et al., 2013), o que torna possível a presença desses constituintes nas amostras.

O teor de lipídeo foi o segundo constituinte com maior representatividade nas amostras com 35,53  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  para a amêndoa de pupunha e 14,52  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  para a amêndoa de abricó. Lipídeos também atuam como reserva de energia na qual sementes de diversas espécies utilizam durante a germinação (Somerville, Browse, Jaworski & Orlogge, 2000). Óleos de origem vegetal são produtos importantes para o consumo humano e para indústria de oleoquímicos, neste contexto a amêndoa de pupunha apresenta viabilidade para extração oleica, em função do elevado percentual de lipídeos. O teor lipídico encontrado nas amêndoas foi superior ao divulgado para o amaranto (5,46  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (López-Mejía, López-Malo & Palou, 2014).

**Tabela 1** Quantificação química (composição centesimal, minerais e fatores antinutricionais) para as amêndoas de pupunha e abricó em base seca.

Componentes	Amêndoas	
	Pupunha	Abricó
<i>Composição centesimal (g/100g)</i>		
Umidade	3,12±0,22	3,79±0,08
Lipídeos	35,53±0,29	14,52±0,46
Proteínas	9,19±0,10	3,62±0,24
Cinzas	2,16±0,14	1,63±0,09
Carboidratos totais *	50,00	76,44
VET (kcal)	556,53	450,92
Compostos fenólicos (mg/100 g)	11886,24 ±0,02	229,08±0,01
<i>Minerais</i>		
Macrominerais (mg/100g)		
Ca	92,00±0,56	124,00±0,98
P	300,00±0,36	79±0,42
K	137,00±0,34	417,00±0,49
Mg	176,00±0,17	63,00±0,14
Na	32,00±0,23	27,00±0,26
Microminerais (mg/100g)		
Fe	4,40±0,48	4,56±0,55
Cu	1,21±0,16	0,55±0,57
Mn	1,63±0,17	0,29±0,14
Zn	2,67±0,38	3,97±0,17
Se	nd	nd
<i>Fatores antinutricionais</i>		
Inibidor de tripsina	Ausência	Ausência
Inibidor de $\alpha$ -amilase	Ausência	Ausência
Fitatos (mg/100 g)	89,96±0,01	46,02 ±0,01
Taninos (mg/100 g)	42,60±0,01	70,51±0,02
Taninos de importância biológica	Presença	Presença
Atividade Hemaglutinante	Ausência	Ausência
Compostos cianogênicos	Ausência	Ausência

Resultados expressos com média e desvio padrão (M  $\pm$  S.D.); \* Valor obtido por diferença do somatório dos demais nutrientes; nd: não determinado.

As amêndoas de pupunha e de abricó apresentaram teores de proteínas de 9,19 e 3,62 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. A concentração de cinzas encontrada nas amêndoas de pupunha (2,16 g. 100g<sup>-1</sup>) teve maior percentual comparado com a amêndoa de abricó (1,63 g. 100g<sup>-1</sup>). Também é possível observar que a secagem utilizada para obtenção das amêndoas proporcionou baixo teor de umidade tanto para as amêndoas de pupunha (3,12 g. 100g<sup>-1</sup>), quanto para as amêndoas de abricó (3,79 g. 100g<sup>-1</sup>).

As farinhas provenientes das amêndoas apresenta aplicabilidade para o desenvolvimento de formulações alimentares, tais como pães, bolos, biscoitos, extratos dentre outros, devido à qualidade nutricional demonstrada em sua composição, e podem se tornar uma fonte não convencional rica em nutrientes, como vem sendo realizado com a farinha da semente de jaca, indicada como alternativa a farinha convencional por não conter glúten, e ser rica em minerais e outros nutrientes (Chiocchetti, Fernandes, Bacchi, Pazim, Sarriés & Tomé, 2013).

### *3.2 Valor energético total (VET)*

As amêndoas apresentaram elevado valor calórico com 556,53 kcal para a amêndoa de pupunha e 450,92 kcal para a amêndoa de abricó (Tabela 1). Este resultado é decorrente dos percentuais de carboidratos, lipídeos e proteínas que normalmente são encontrados em grandes quantidades em sementes e amêndoas, e por esta razão são indicados como boas fontes energéticas, como é o caso das amêndoas utilizadas neste estudo. O valor calórico das amêndoas foi semelhante ao divulgado para pistache (557 kcal.100 g<sup>-1</sup>), castanha-de-caju (574 kcal.100 g<sup>-1</sup>) (USDA, 2007), e as amêndoas de baru (546,23 kcal.100 g<sup>-1</sup>) e pequi (570,20 kcal.100 g<sup>-1</sup>) (Sousa, Fernandes, Alves, Freitas & Naves, 2011).

### *3.3. Compostos fenólicos totais*

Os fenólicos totais das amêndoas estão representados na Tabela 1. A amêndoa de pupunha apresentou concentrações de 11886,24 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> já na amêndoa de abricó a concentração foi de 229,08 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>. A amêndoa de abricó apresentou menor concentração em relação à amêndoa de pupunha, no entanto, a presença de compostos fenólicos promove atividade antioxidante sendo também capaz de matar ou

inibir crescimento de micro-organismos, como realizado no estudo de Yasunaka et al. (2005) que avaliaram extratos de 22 plantas e seus compostos antibacterianos e concluíram que dentre as espécies investigadas o abricó (*Mammea americana*) apresentou alta atividade contra *Staphylococcus aureus*.

Os teores de compostos fenólicos encontrados nas amêndoas podem ser de interesse para as indústrias, principalmente a de alimentos, que procura substituir antioxidantes sintéticos por naturais. Compostos fenólicos também são de interesse para as indústrias de cosméticos e fármacos. O conteúdo fenólico total encontrado nas amêndoas foi superior as sementes de quinoa (71,7 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>) e amaranto (21,2 mg GAE. 100 g<sup>-1</sup>) (Alvarez-Jubete, Wijngaard, Arendt & Gallagher, 2010).

### 3.4 Composição de minerais

Os resultados do conteúdo de minerais para as amêndoas avaliadas estão representados na Tabela 1. Fósforo (300 mg.100 g<sup>-1</sup>), magnésio (176 mg.100 g<sup>-1</sup>), potássio (137 mg.100 g<sup>-1</sup>) e cálcio (92 mg.100 g<sup>-1</sup>) foram os minerais que se destacaram nas amêndoas de pupunha. Enquanto que as amêndoas de abricó são constituídas principalmente por potássio (417 mg.100 g<sup>-1</sup>) e cálcio (124 mg.100 g<sup>-1</sup>), seguidos dos minerais fósforo (79 mg.100 g<sup>-1</sup>) e magnésio (63 mg.100 g<sup>-1</sup>). Estes minerais são essenciais para a formação de ossos e para o bom funcionamento dos músculos. Os valores de ingestão diária (IDR) variam de acordo com a localidade e a faixa etária para homens, mulheres e crianças (FAO/WHO, 2001). O consumo destes minerais se faz necessário para a uma dieta saudável e, portanto, as amêndoas investigadas podem fornecer contribuição nutricional para diferentes grupos etários.

Dentre os microminerais as amêndoas apresentaram bons resultados para os minerais ferro e zinco. A amêndoa de pupunha obteve concentrações de 4,40 mg.100 g<sup>-1</sup> de ferro e 2,67 mg.100 g<sup>-1</sup> de zinco, enquanto que as amêndoas de abricó obtiveram concentrações de ferro e zinco de 4,56 e 3,97 mg.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. O ferro previne e combate a anemia, enquanto que o zinco é considerado um dos principais protetores do sistema imunológico, o que torna as amêndoas um bom alimento para o consumo, fornecendo maiores concentrações de cálcio e ferro em relação às amêndoas

de pequi, castanha de caju do cerrado e amendoim, divulgados na pesquisa de Souza, Fernandes, Alves, Freitas e Naves (2011).

Chiocchetti, Fernandes, Bacchi, Pazim, Sarriés e Tomé (2013), ao utilizarem subprodutos de frutas coletadas no Brasil, concluíram que as maiores concentrações de Zn e outros minerais foram encontrados em sementes, bagaços e cascas do que em suas respectivas polpas, ressaltando o aproveitamento de subprodutos na alimentação.

### *3.5 Composição de fatores antinutricionais*

O resultado dos principais fatores antinutricionais investigados nas amêndoas de pupunha e de abricó estão apresentados na Tabela 1. Não foram detectados inibidores de tripsina, inibidores de  $\alpha$ -amilase, atividade hemaglutinante e compostos cianogênicos, em nenhuma das amostras. O resultado encontrado é positivo, uma vez que a presença destas substâncias pode comprometer a absorção de outros nutrientes.

As amêndoas apresentaram baixas concentrações de fitatos e taninos com 89,96 e 42,60 mg.100 g<sup>-1</sup> para as amêndoas de pupunha e 46,02 e 70,51 mg.100 g<sup>-1</sup> para as amêndoas de abricó, respectivamente. Apesar de serem classificadas com antinutricionais, essas substâncias quando ingeridas em baixas concentrações podem contribuir no tratamento de algumas doenças, tais como a redução de câncer, glicemia e colesterol no plasma sanguíneo (Gemedede & Ratta, 2014). Os teores de fitatos encontrados nesta pesquisa foram menores ao divulgados por Venkatachalam e Sathe (2006), que encontraram concentrações de 150 a 350 mg.100 g<sup>-1</sup> para a castanha de caju, castanha do Pará, macadâmia, pistache, amêndoas e noz.

A caracterização química das amostras, juntamente com a ausência dos principais fatores antinutricionais tornam as amêndoas de pupunha e de abricó um produto viável para serem utilizados com segurança em elaborações alimentícias, ao invés de serem descartadas como atualmente vem sendo realizado.

### *3.6 Composição de aminoácidos*

O perfil de aminoácidos e o escore químico de aminoácidos para as amêndoas de pupunha e de abricó estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2** Composição de aminoácidos e escore químico de aminoácidos essenciais para as amêndoas de pupunha e abricó comparados ao padrão de aminoácidos essenciais sugeridos pela FAO/WHO (mg /g de proteínas).

Aminoácidos	Teor de aminoácidos (mg /g de proteínas)			Escore químico	
	Amêndoa Pupunha	Amêndoa Abricó	Padrão FAO/WHO *	EQ AP**	EQ AA***
<b><i>Essenciais</i></b>					
Cisteína (Cys)	3,20±0,01	1,70±0,01			
Metionina (Met)	2,40±0,07	0,30±0,03			
Valina (Val)	5,00±0,07	1,00±0,01	39	0,12	0,02
Isoleucina (Ile)	3,50±0,01	0,60±0,02	30	0,11	0,02
Leucina (Leu)	5,00±0,02	1,70±0,01	59	0,08	0,02
Tirosina (Tyr)	2,50±0,07	0,40±0,03			
Fenilalanina (Phe)	3,80±0,01	0,70±0,02			
Histidina (His)	2,60±0,07	0,30±0,01	15	0,17	0,02
Lisina (Lys)	5,80±0,14	0,90±0,01	45	0,12	0,02
Treonina (Thr)	3,20±0,07	0,60±0,02	23	0,13	0,02
Phe + Tyr	6,30	1,10	38	0,16	0,02
Met + Cys	5,60	2,00	22	0,25	0,09
<b><i>Não essencial</i></b>					
Ácido aspártico (Asp)	8,90±0,14	3,80±0,07			
Prolina (Pro)	3,50±0,07	0,80±0,01			
Serina (Ser)	4,80±0,14	0,90±0,02			
Ácido glutâmico (Glu)	17,60±0,42	5,00±0,14			
Glicina (Gly)	4,10±0,07	0,90±0,02			
Alanina (Ala)	5,40±0,07	1,20±0,01			
Argenina (Arg)	20,20±0,28	9,20±0,14			

Resultados expressos com média e desvio padrão (M ± S.D.); \*Padrão FAO/WHO (2007) para adultos.  
Phe + Tyr (fenilalanina + tirosina); Met + Cys (metionina + cisteína); \*\*AP = amêndoa de pupunha;  
\*\*\*AA = amêndoa de abricó.

Os resultados indicam a presença de todos os aminoácidos essenciais nas amêndoas, com destaque para lisina (5,80 mg.g<sup>-1</sup>), valina (5,00 mg.g<sup>-1</sup>) e leucina (5,00 mg.g<sup>-1</sup>) para as amêndoas de pupunha, e de cisteína (1,70 mg.g<sup>-1</sup>), leucina (1,70 mg.g<sup>-1</sup>) e valina (1,00 mg.g<sup>-1</sup>) para as amêndoas de abricó. Entre os aminoácidos não essenciais

o destaque foi para a argenina, ácido glutâmico e ácido aspártico para ambas as amêndoas.

O perfil de aminoácidos da amêndoa de pupunha foi semelhante aos aminoácidos encontrados nas sementes de amaranto divulgado na pesquisa de Palombini et al. (2013). A partir desta comparação feita entre as amêndoas, é possível observar que a amêndoa de pupunha apresentou maiores concentrações de cisteína, tirosina, lisina, prolina e arginina em relação a semente de amaranto.

### 3.7 Composição de ácidos graxos

A composição dos ácidos graxos para as amêndoas de pupunha e abricó é composta principalmente de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (Tabela 3). No óleo da amêndoa de pupunha é possível observar a predominância do ácido láurico (49,82 g.100g<sup>-1</sup>), mirístico (21,53 g.100g<sup>-1</sup>) e oleico (12,05 g.100g<sup>-1</sup>). O óleo da amêndoa de abricó é constituído principalmente do ácido palmítico (30,75 g.100g<sup>-1</sup>), oleico (36,16 g.100g<sup>-1</sup>) e linoleico (25,89 g.100g<sup>-1</sup>).

A caracterização da composição dos ácidos graxos das amêndoas proporciona informações úteis para direcionar possíveis aplicações, como por exemplo, o consumo direto devido à presença do ácido oleico e linoleico, que estão associados a aspectos positivos à saúde, ou na indústria farmacêutica que utiliza o ácido láurico como agente antimicrobiano para tratamento de infecções (Skalicka-Wozniak, Los, Glowniak & Malm, 2010).

Portanto, a amêndoa de abricó indicou ser boa fornecedora de ácido oleico, ultrapassando os percentuais divulgados para o óleo da semente de quinoa branca (27,48 %), vermelha (29,19%) e negra (25,84%) (Tang et al., 2015) e quatro variedades de sementes de uva (14,6 a 32,3%), estudadas por Shiozaki e Murakami (2016). Enquanto que a amêndoa de pupunha contém a composição de ácidos graxos semelhante a *Cocos nucifera* L., principalmente em relação aos ácidos láurico (43,20 %), mirístico (18,8 %), oleico (9,42%) e linoleico (1,68%) (Manivannan et al., 2016).

**Tabela 3** Perfil de ácidos graxos para as amêndoas de pupunha e abricó.

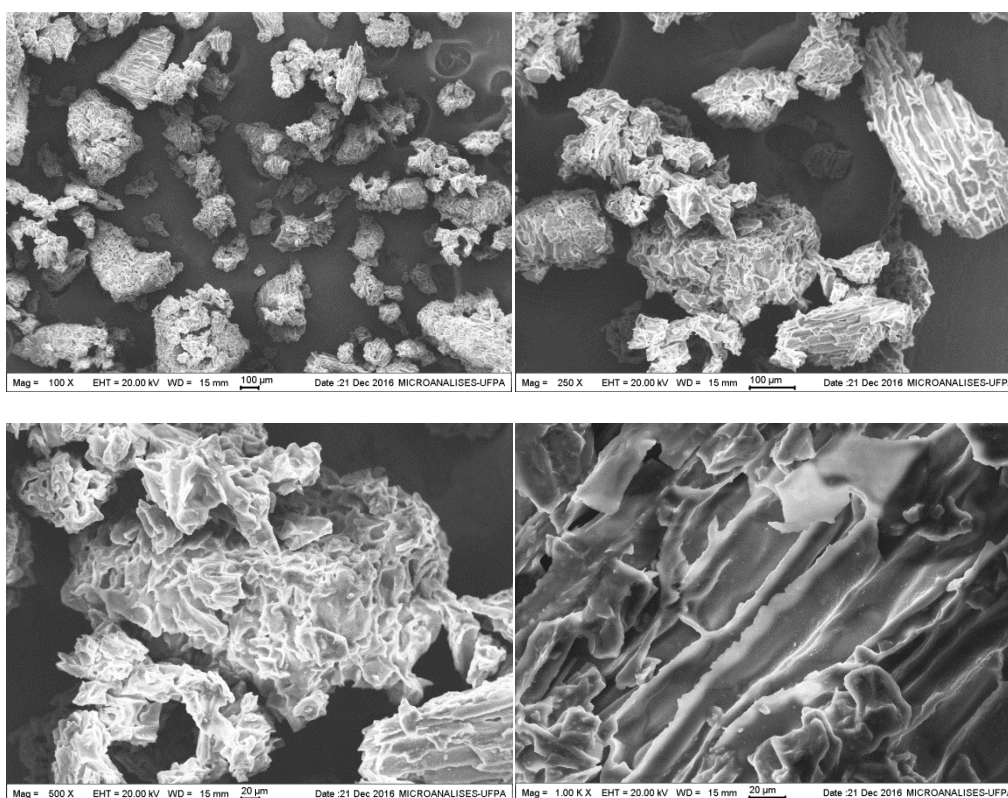
Ácidos graxos (g/100g)	Amêndoas	
	Pupunha	Abricó
<b><i>Saturados (SAFA)</i></b>		
Caprílico (C 8:0)	2,08±0,01	0,03±0,01
Cáprico (C 10:0)	2,06±0,04	0,41±0,03
Láurico (C 12:0)	49,82±0,12	0,25±0,02
Tricecílico (C 13:0)	0,06±0,05	0
Mirístico (C 14:0)	21,53±0,19	0,62±0,04
Pentadecílico (C 15:0)	0	0
Palmítico (C 16:0)	5,84±0,21	30,75±0,09
Margárico (C 17:0)	0	0
Esteárico (C 18: 0)	2,88±0,55	2,85±0,09
<b><i>Monoinsaturados (MUFA)</i></b>		
Palmitoleico (C 16:1)	0	0,88±0,15
Oleico (C 18:1 n-9)	12,05±0,06	36,12±0,84
<b><i>Polinsaturados (PUFA)</i></b>		
Linoleico (C 18:2)	3,56±0,63	25,89±0,14
$\alpha$ - linolênico (C 18:3)	0,10±0,07	0,39±0,02
$\omega$ -6/ $\omega$ -3*	35,6	66,38

\* Relação dos ácidos graxos linoleico ( $\omega$ -6) e linolênico ( $\omega$ -3).



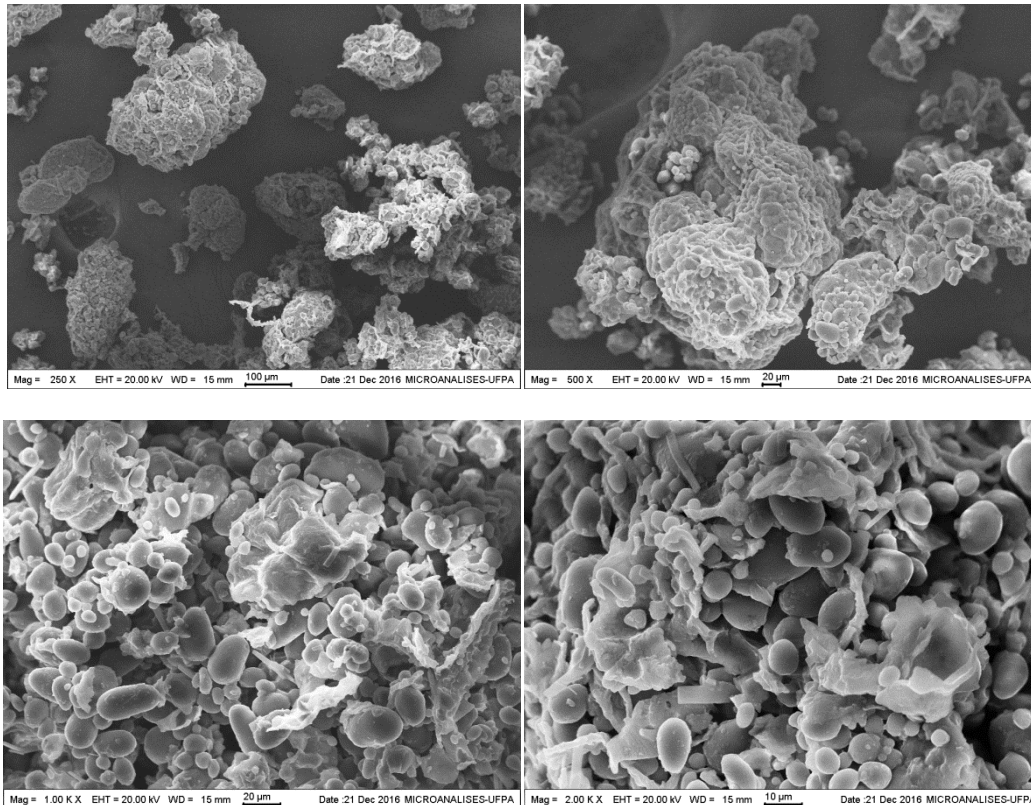
### 3.8 Análise morfológica

As micrografias eletrônicas de varredura (MEV) das farinhas das amêndoas são apresentadas nas Figuras 1 e 2. Os diferentes níveis de ampliação (250x-2000x) utilizados nas farinhas das amêndoas de pupunha demonstram que a estrutura da superfície identificada está revertida por uma matriz lipídica, a qual se assemelha a estrutura observada nas sementes de mamão, avaliadas por Chielle, Bertuol, Meil, Tanabe e Dotto (2016).



**Fig. 1** Micrografias da farinha de amêndoas de pupunha em diferentes escalas e ampliação.

A imagem da microscopia eletrônica de varredura para as amêndoas de abricó (Fig. 2) observada nas ampliações de 250x-2000x revelou grânulos de diferentes tamanhos e formatos, semelhante aos grânulos tipicamente observados no amido. Vogel, Scherf e Koehler (2018) também observaram vários tipos e tamanhos de grânulos de amido ao avaliarem as propriedades da farinha de trigo submetida a diferentes tratamentos, as quais se assemelharam a estrutura encontrada para as amêndoas de abricó.



**Fig. 2** Micrografias da farinha de amêndoas de abricó em diferentes escalas e ampliação.

#### 4 Conclusão

A amêndoa de pupunha é constituída pelos minerais, fósforo, magnésio, potássio, ferro e zinco. Apresenta viabilidade para extração oleica, principalmente para os ácidos graxos láuricos, mirístico e oleico. Apresenta baixa concentração de fitatos e taninos e elevada concentração de compostos fenólicos, o que torna a amêndoa um subproduto de excelente qualidade nutricional.

De igual modo as amêndoas de abricó apresentaram alto valor nutricional, devido à elevada concentração de carboidratos, e dos minerais potássio, cálcio, fósforo e magnésio. A ausência de fatores antinutricionais e baixas concentrações de fitatos e taninos, contribui para utilização das amêndoas, uma vez que as mesmas possuem aminoácidos essenciais e ácidos graxos palmíticos, oleico e linoleico.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas II da Universidade Federal de Goiás e PROPESP/UFPA (Pro Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação), CNPq processo 308021/2015-0 e processo 477013/2013-9.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesses entre os autores.

## Referências

- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119, 770–778.
- AOAC (2005). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international. 18th ed. Maryland, USA.
- AOAC (2012). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international. 19 ed. Washington, D.C.
- Araújo, J. M. A. (2011). *Química de Alimentos: Teoria e Prática*. Viçosa: UFV. 601.
- Arnon, R. (1970). *Papain. Methods in Enzymology*, Nova York, 19, 226-244.
- Bento, J. F., Mazzaro, I., De Almeida Silva, L. M., De Azevedo Moreira, R., Ferreira, M. L., Reicher, F., & De Oliveira Petkkowicz, C. L. (2013). Diverse patterns of cell wall man-nan/galactomannan occurrence in seeds of the Leguminosae. *Carbohydrate Polymers*, 92 (1), 192-199.
- Cabral, D. L. V., Peixoto Sobrinho, T. J. S., Amorim, E. L. C., & Albuquerque, U. P. (2010). Relationship of biometric parameters on the concentration of tannins in two medicinal plants: a case study. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9 (5), 368-376.
- Chielle, D. P., Bertuol, D. B., Meili, L., Tanabe, E. H., & Dotto, G. L. (2016). Convective drying of papaya seeds (*Carica papaya* L.) and optimization of oil extraction. *Industrial Crops and Products*, 85, 221–228.
- Chiocchetti, G., M., Fernandes, E., A., N., Bacchi, M., A., Pazim, R., A., Sarriés, S., R., V., & Tomé, T., M. (2013). Mineral composition of fruit by-products evaluated by neutron activation analysis. *Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry*, 297, 399-404.
- Clement, C., Weber, J., Van Leeuwen, J., Domian, C. A., Cole, D., Lopez, L. A., & Argüello, H. (2004). Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, 61, 195–206.
- De Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2007). Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (13), 5062–5072.

- Deshpande, S. S., & Salunkhe, D. k. (1982). Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal of Food Science*, 47 (6), 2080-2083.
- Ellis, R., & Morris, E. R. (1986). Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. *Cereal Chemistry*, 63, 58-59.
- FAO/WHO (2001). Human vitamin and mineral requirements. In Report of a joint FAO/WHO expert consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Food and Nutrition Division. FAO. Rome.
- FAO/WHO (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. In Report of Joint FAO/WHO/UNU expert consultation (pp.150). Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. WHO Technical Report Series 935.
- Finnegan, R. A., & Merkel, K. E. (1972). Constituents of *Mammea americana* L. IX. Oxidation of mammein and mammeisin. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 61, 1603–1608.
- Gemedé, H. F., & Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3 (4), 284-289.
- Hagens, S. R., Frost, B., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in foods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 912-916.
- Júnior, M. C. A., & Andrade, J. S. (2014). Amazonian Fruits: An overview of nutrients, calories and use in metabolic disorders. *Food and Nutrition Sciences*, 5 (17), 1692-1703.
- Latta, M., & Eskin, M. (1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 28 (6), 1313-1315.
- López-Mejía, O., López-Malo, A., & Palou, E. (2014). Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) seeds or leaves. *Industrial Crops and Products* 53, 55-59.
- Manivannan, A., Bhardwaj, R., Padmanabhan, S., Suneja, P., Hebbar, K. B., & Kanade, S. R. (2016). Biochemical and nutritional characterization of coconut (*Cocos nucifera* L.) haustorium. *Food Chemistry*, article in press: <http://dx.doi.org/10.2016/j.foodchem.2016.10.127>.
- Moreira, R. A., & Perrone, J. C. (1977). Purification and partial characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology*, 59 (5), 783-787.
- Osborne, D. R., & Voogt, T. P. (1978). *The analysis of nutrient in foods*. London: Academic Press, 47, 156-158.
- Palombini, S. V., Claus, T., Maruyama, S. A., Gohara, A. K., Souza, A. H. P., Souza, N. E., Visentainer, J. V., Gomes, S. T. M., & Matsushita, M. (2013). Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. *Food Science and Technology*, 33 (2), 339-344.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellstrom, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120 (1), 128–133.
- Rodrigues, A. M. C., Darnet, S., & Silva, L. H. M. (2010). Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma

(*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. *Journal Brazilian Chemistry Society*, 21(10), 2000-2004.

Rojas-Garbanzo, C., Perez, A. M., Bustos-Carmona, J., & Vaillant, F. (2011). Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* HBK) flour. *Food Research International*, 44 (7), 2377-2384.

Shiozaki, S., & Murakami, K. (2016). Lipids in the seeds of wild grapes native to Japan: *Vitis coignetiae* and *Vitis ficifolia* var. *ganebu*. *Scientia Horticulturae*, 201, 124–129.

Skalicka-Wozniak, K., Los, R., Glowniak, K., & Malm, A. (2010). Antimicrobial activity of fatty acids from fruits of *Peucedanum cervaria* and *P. alsaticum*. *Chemistry and Biodiversity*, 7, 2748-2754

Somerville, C. C., Browse, J., Jaworski, J. G., Ohlrogge, J. B. (2000). Lipids. In: Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, R. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 456-458.

Sousa, A. G. O., Fernandes, D. C., Alves, A. M., Freitas, J. B., & Naves, M. M. V. (2011). Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. *Food Research International*, 44 (7), 2319–2325.

Tang, Y., Li, X., Chen, X. P., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., Marcone, M. F., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 174, 502–508.

Toma, W., Hiruma-Lima, C. A., Guerrero, R. O., & Brito, A. S. (2005). Preliminary studies of *Mammea americana* L. (Guttiferae) bark/latex extract point to an effective antiulcer effect on gastric ulcer models in mice. *Phytomedicine*, 12, 345–350.

USDA. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service National Nutrient database for standard reference, Release 20, 2007. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>>. Acesso em: 20 março de 2013.

Venkatachalam, M., Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (13), 4705-4714.

White, J. A., Hart, R. J., & Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters pico-tag system for the amino acid analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8 (4), 170-177.

Xu, B., & Chang, S. K. C. (2009). Total phenolic, phenolic Acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (11), 4754-4764.

Yasunaka, K., Abe, F., Nagayama, A., Okabe, H., Lozada-Pérez, L., López-Villafranco, E., Muñize, E. E., Aguilar, A., & Reyes-Chilpa, R. (2005). Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthenes. *Journal of Ethnopharmacology*, 97 (2), 293–299.

Vogel, C., Scherf, K. A., & Koehler, P. (2018). Effects of thermal and mechanical treatments on the physicochemical properties of wheat flour. *European Food Research and Technology*, 1-13, <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3050-3>.

## CAPÍTULO 4

### CHEMICAL CHARACTERIZATION AND POLYSACCHARIDE EXTRACTION FROM AMAZONIAN SEEDS

Rutelene C. Pinheiro<sup>(1)</sup>, Lina F. Ballesteros<sup>(2)</sup>, Miguel A. Cerqueira<sup>(3)</sup>, Antonio M. C. Rodrigues<sup>(1)</sup>, José A. Teixeira<sup>(2)</sup> and Luiza H. M. Silva<sup>(1,\*)</sup>.

*(1) Institute of Technology, Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pará, Campus Guamá, 66075-900, Belém, Pará, Brazil*

*(2) Centre of Biological Engineering, University of Minho, Campos of Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal*

*(3) International Iberian Nanotechnology Laboratory, Av. Mestre José Veiga s/n, 4715-330 Braga, Portugal*

\* Corresponding author: lhmeller@ufpa.br

## ABSTRACT

Amazonian fruits are rich in nutrients and used in various food preparations, however there is little information about the use and exploitation of its seeds. Aiming at extract and characterize polysaccharides of new sources origin vegetal where describe this study three solid-liquid extraction methodologies were employed using different organic solvents (ethanol and alkaline solution) for the whole and defatted cupuassu, tucuman, peach palm and mammee apple seeds. The seeds were characterized regarding their chemical and monosaccharide. Polysaccharides monomers compositions were analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC). The fractions with the best extraction yields, was availed structural characterization (FTIR), phenolic compounds and antioxidant potential by DPPH and FRAP. Among the four species assessed, mammee apple seeds had high percentages of glucose (76%), while the possible presence of galactomannans was identified in tucuman and peach palm seeds at 3:1 and 4:1 mannose:galactose (M/G) ratios, respectively. The monosaccharide composition of the polysaccharides differed according to the extraction method, as well as the antioxidant potential.

Keywords: seeds, polysaccharides, extraction, composition.

## 1 Introduction

Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*), tucuman (*Astrocaryum aculeatum*), peach palm (*Bactris gasipaes*), and mamee apple (*Mammea americana* L.) are fruits from the Amazon region and also grows in other locations like Columbian and Bolivia (Ordóñez-Santos, Pinzón-Zarate & González-Salcedo, 2015). Those fruits are well known to the native populations and have been part of their diets for centuries, mainly as pulp, which is used to prepare juices, jams, creams, syrups, and liqueurs (Lira, Berruti, Palmisano, Berruti, Briens & Pécora, 2013). Their seeds are usually discarded or used as animal feed, fertilizer, or for planting new trees (Bolanho, Danesi & Beléia, 2015). There are also reports of consumption among the local population, but it is not a commercially exploited practice, except for cupuassu seed, which can be used to produce a food similar to chocolate called “cupulate (Pugliese, Tomas-Barberau, Truchado & Genovese, 2013).

The use of seeds and interest in research on plants as sources of active compounds has considerably increased in recent years and particular attention has been given to polysaccharides (Lee et al., 2013), which have been investigated for their physicochemical properties, biological activities, antimicrobial and antioxidant properties, easy availability, and low extraction cost (Nayak, Pal & Santa, 2015) and may be isolated from several parts of the plant.

The polysaccharide content of the seeds studied has not been reported in the literature and only a few studies are available on cupuassu pulp (Vriesmann & Petkowicz, 2009) and peach palm flour (Bolanho, Danesi & Beléia, 2015), albeit they are limited. In order to explore the polysaccharide composition of new plant sources, the present study aimed to carry out the chemical characterization of cupuassu, tucuman,



peach palm, and mamee apple seeds as well as perform the extraction of polysaccharides present in those seeds using different solid-liquid extraction methods. In addition, the seeds' antioxidants properties were assessed through DPPH, FRAP, and total phenolic compound analyses, whereas they are widely used assays to estimate the antioxidant activity of bioactive compounds.

## **2 Materials and Methods**

### *2.1 Raw Material and Chemicals*

The whole seeds were obtained in the city of Belém, Pará, Brasil at different periods of 2014 (during harvest season of fruits). After selection, washing and sanitizing, the seeds were placed in plastic bags and stored at -18 °C and remained frozen until the moment of analysis.

After the seeds were defrosted, the part of interest (endosperm) was dried at 60 °C for 24 h in a forced-circulation oven, ground in a mill (Taurus), sieved using 1 mm sieve, placed in plastic containers, and stored at room temperature (25 °C).

Glucose, arabinose, galactose, xylose, and mannose were purchased from Sigma-Aldrich Co Ltd. All other products were analytical grade.

### *2.2 Seed Chemical Characterization*

#### *2.2.1 Moisture, Lipids, Proteins and Ashes*

The moisture content in the samples was determined by a moisture analyzer (MAC 50/1 NH, Radwag, Poland) and the ashes content was determined according to Horwitz & Latimer (2005). The crude protein (CP) content was estimated by the

Kjeldahl method (Bicsak, 1993) of nitrogen estimation with 6.25 correction factor to convert nitrogen into proteins. Fat content was determined by a Soxhlet device (Tecator, HT2, Netherlands) for 4 h of extraction using petroleum ether as solvent (1:5 (w/v)). The defatted material was dried at 60 °C until constant weight. All analyses were carried out in triplicate.

### *2.2.2 Cellulose, Hemicellulose and Lignin*

In order to determine cellulose, hemicellulose, and lignin contents, part of the ground seeds underwent removal of extractives (low-molecular-weight organic compounds extracted by polar and non-polar solvents (weight carbohydrates, salts, waxes, fats, and non-volatile hydrocarbons) by the Soxhlet extraction system (Tecator, HT2, Netherlands) using 50 mL ultrapure water (boiling temperature for 6 h) and 50 mL absolute ethanol (boiling temperature for 6 h) as solvent in sequential stages for 12 h of extraction (Sluiter, Ruiz, Scarlata, Sluiter & Templeton, 2008). The extractive-free material was dried at 60 °C until constant weight and underwent quantitative acid hydrolysis (Q.A.H.) with 72% (w/w) sulfuric acid to break down the polysaccharides into oligomers and then with 4% sulfuric acid to break down the oligomers into monomers (Sluiter et al., 2010). By the end of the analysis, the acid-insoluble residue, called Klason lignin, was quantified, while acid-soluble lignin was determined by spectrophotometry at 280 nm (Jasco V-650 spectrophotometer), both following the methodology described by Mussatto & Roberto (2006).

The concentration of sugars in cellulose (glucose) and hemicellulose (arabinose, mannose, galactose, and xylose) of the material subjected to quantitative acid hydrolysis were analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC) using an LC-10

device (Jasco, Japan) and Meta Carb 87P column (300 mm x 7.8 mm) at 80 °C, ultrapure water (autoclaved and degassed in ultrapure bath) as mobile phase, and refractive index detector (RI). The flow rate and injection volume were adjusted to 0.4 mL/min and 20 µL, respectively (Mussatto, Carneiro, Silva, Roberto & Teixeira, 2011).

The concentration of acetic acid, furfural, and hydroxymethylfurfural resulting from quantitative acid hydrolysis were also determined by HPLC in a Jasco chromatograph, Bio-Rad Aminex HPX-87H column (300 mm x 7.8 mm) at 60 °C in a refractive index detector, 0.005 mol.L<sup>-1</sup> sulfuric acid as eluent, flow rate of 0.7 mL/min, and injection volume of 20 µL (Mussatto, Carneiro, Silva, Roberto & Teixeira, 2011). The percentages of glucose, arabinose, mannose, galactose, and xylose were identified and quantified using the standard curve obtained from known concentrations of each of the compounds.

### *2.3 Polysaccharide Extraction*

Three extraction methods were evaluated (Fig. 1). In the first two procedures, whole and defatted samples were used, which were subjected to an aqueous extraction followed by precipitation with ethanol. The third procedure used only defatted samples in contact with an alkaline solution. In all procedures, the samples' lipid fraction was removed in a Soxhlet device for 4 h using petroleum ether as solvent (1:5(w/v)), except for the third polysaccharide extraction procedure on mammee apple seeds, where a lipid removal time of 12h was applied.

### *2.3.1 Pre-Treatment: Enzyme Inactivation*

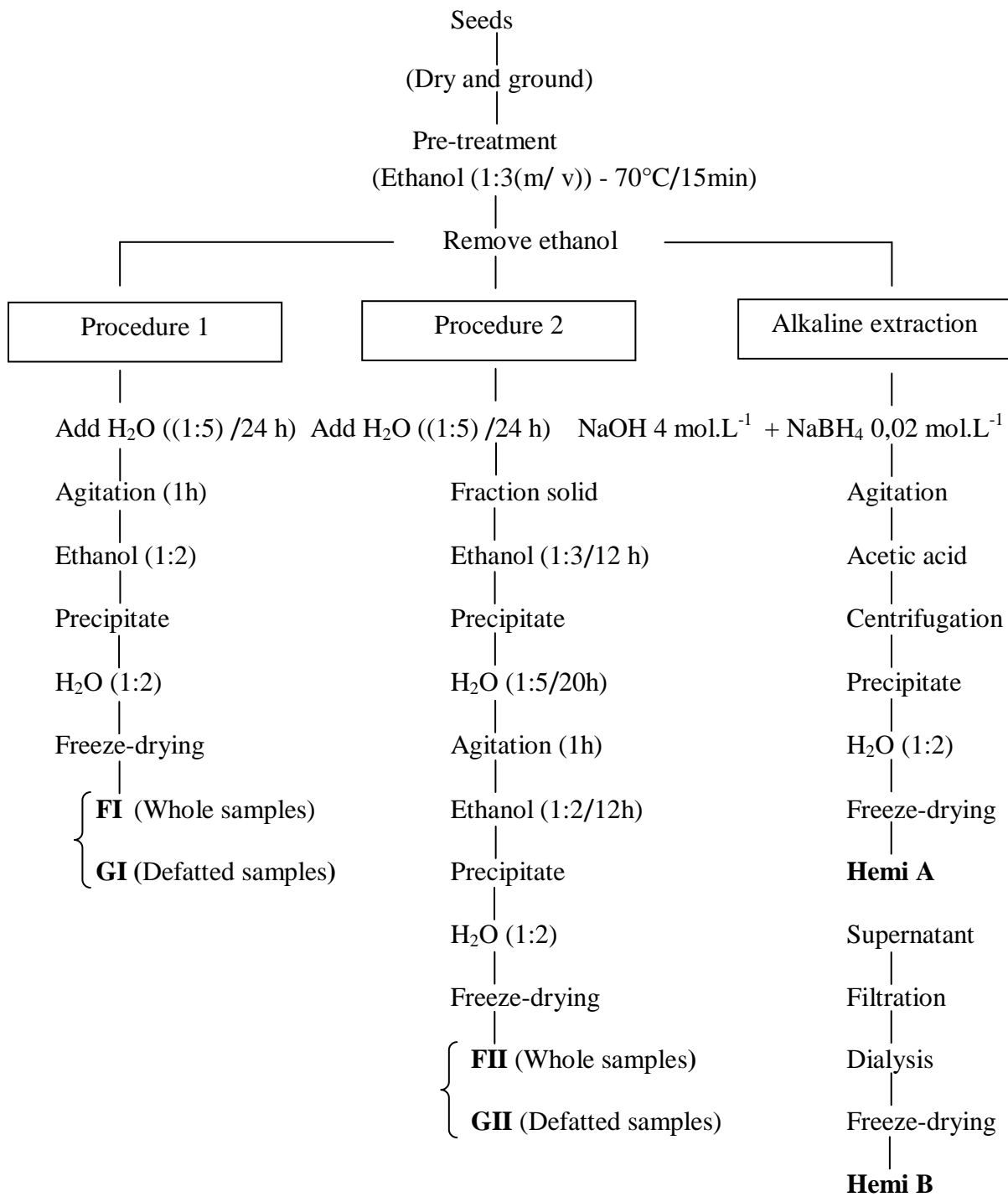
The pre-treatment was performed according to Cerqueira et al. (2009) with some modifications, this step was necessary to inactivate enzymes and eliminate low-molecular-weight compounds. For this, the whole and defatted seeds were added to ethanol at a 1:3 (w/v) ratio and heated to 70 °C for 15 min, then the ethanol was removed (by centrifugation) and the precipitate was used in the following steps.

### *2.3.2 Aqueous Extraction*

The aqueous extraction of polysaccharides with precipitation in ethanol, was carried out according to the methodology described by Cerqueira et al. (2009) with some modifications.

#### *2.3.2.1 Procedure 1*

After ethanol removal (according to the procedure described in item 2.3.1 for enzyme inactivation), distilled water (1:5 (w/v)) was added to the precipitate for 24 h, at refrigeration temperature (4 °C). After this resting period, the mixture was stirred at 200 rpm for 1 h at room temperature (25 °C). Next, another rinsing with ethanol (1:2 (m /v)) was performed and water (1:2 (m/v)) was added to the precipitate. The samples were frozen and lyophilized. For a better understanding, the samples containing lipids were represented by the letters FI and the defatted ones, by GI.



**Fig. 1** Flowchart of polysaccharide extraction applied to cupuassu, tucuman, peach palm, and mammee apple seeds.

### *2.3.2.2 Procedure 2*

Similarly to procedure 1, successive rinsings with ethanol and water were carried out after 24 h of rest. In the first rinsing, the samples were left in ethanol (1:3 (w/v)) at 4 °C for 12 h, ultrapure water (1:5 (m/v)) was added to the precipitate after centrifugation with 20 h of rest, and then the mixture was stirred (200 rpm for 1 h) at room temperature. The second rinsing consisted of adding ethanol (1:2 (w/v)) for 12 h followed by adding distilled water (1:2 (w/v)), then the samples were frozen and lyophilized. For a better understanding, the samples were coded as FII and GII.

### *2.3.3 Alkaline Extraction*

Extraction was based on the methodology by Ballesteros, Cerqueira, Teixeira, and Mussatto (2015) and Vriesmann and Petkowicz (2009) with some modifications. After enzyme inactivation, as described in item 2.3.1, the precipitate was added a 4 mol.L<sup>-1</sup> NaOH solution and 0.02 mol.L<sup>-1</sup> NaBH<sub>4</sub> solution (ratio of 67 mL for 10 g of sample), then the mixture was stirred and kept at 25 °C for 120 min. pH was adjusted to 5 by adding glacial acetic acid. After centrifugation, distilled water was added to the precipitate followed by lyophilization. This fraction was named Hemicellulose A (Hemi A).

The supernatant resulting from the previously described centrifugation was filtered and dialyzed at 4 °C with an 8,000 Da membrane with several washing volumes of distilled water. After dialysis, the material retained in the membrane was frozen and lyophilized, being named Hemicellulose B (Hemi B) (Fig. 1).

#### *2.3.4 Polysaccharide Yield Calculation*

The different polysaccharide extraction yields (Y1 and Y2) were also determined. Y1 represents the total extraction yield, expressed as g of lyophilized material per 100 g of the sample; Y2 refers to the amount of sugars extracted and was expressed as g of total sugars present in the lyophilized material per 100 g of the sample.

#### *2.4 Chemical Characterization of Polysaccharide Fractions*

For each extraction method, the fraction that allowed for the obtention of higher yields of extraction was selected for polysaccharide structure determination and measurement of its antioxidants properties.

##### *2.4.1 Structural Characterization*

The FTIR spectrum of the fractions with the best polysaccharide extraction yields (Y1) was determined using a Perkin-Elmer 16 PC spectrometer (Boston, USA) equipped with an attenuated-total-reflection (ATR) diamond cell. The measurements were recorded in 4,000 wavenumber intervals at  $600\text{ cm}^{-1}$  and 16 readings per sample.

##### *2.4.2 Antioxidant Properties*

In order to determine the antioxidant potential of the polysaccharides in fractions GI and GII, extracts were prepared by adding 10 mg of the lyophilized material to 1 mL of methanol: water (40:60 v/v) solution. The mixtures were filtered and used for the analyses. The polysaccharide extracts in the Hemi B fraction were diluted in water at

the same concentrations (10 mg of the lyophilized material to 1 mL of water). The activity of the extracts was determined by the free-radical scavenging activity (DPPH) and ferric reducing antioxidant power according to the methodology described in items 2.4.2.1 and 2.4.2.2.

#### 2.4.2.1 Free Radical Scavenging Activity (DPPH)

The method described by Hidalgo, Sánchez-Moreno and De Pascual-Teresa (2010) with some modifications was used. 10  $\mu\text{L}$  of each duly diluted extract were added to 290  $\mu\text{L}$  of DPPH solution ( $6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$  in methanol and diluted to an absorbance of 0.700 at 517 nm) in a 96-well microplate. Then, absorbance was measured at 517 nm in a spectrophotometric microplate reader (Sunrise Tecan, Grödig, Austria) using methanol as blank. The control solution was methanol instead of the sample. Radical scavenging activity was calculated using Equation 1, where  $A_c$  and  $A_s$  are the absorbances of the control and sample solutions, respectively. The DPPH values of each sample were expressed as micromoles of trolox equivalents (TE) per dry weight material ( $\mu\text{mol TE/g}$  lyophilized).

$$\% \text{ DPPH inhibition} = (1 - A_s/A_c) \times 100 \quad (1)$$

#### 2.4.2.2 Ferric Reducing Antioxidant Power Assay (FRAP)

The method described by Benzie and Strain (1996) with some modifications was used. A 10  $\mu\text{L}$  aliquot of the filtered and duly diluted extract was mixed with 290  $\mu\text{L}$  of FRAP reagent in a 96-well microplate, and incubated at 37 °C for 15 min. Absorbance was determined at 593 nm using distilled water as blank. A calibration curve was constructed using an aqueous solution of ferrous sulfate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) at 200, 400, 600, 800, and 1,000  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ). The values were expressed as millimoles of ferrous equivalent per dry weight material ( $\text{mmol Fe(II)/g}$  lyophilized).



#### *2.4.2.3 Phenolic Compounds*

Phenolic compounds were determined using the Folin-Ciocalteu reagent according to the colorimetric method described by Singleton and Rossi (1965), adapted to a 96-well microplate. Absorbance was then measured using a spectrophotometric microplate reader (Sunrise Tecan, Grödig, Austria) set to 700 nm. A calibration curve was made from gallic acid standard solutions (200, 400, 600, 800, 1,000, 2,000, and 3,000 mg/L) and the blank was prepared with distilled water. The values were expressed as mg gallic acid equivalent per dry weight material (mg GAE/g lyophilized).

#### *2.5 Statistical Analysis*

The analyses were carried out in triplicate and the results were expressed as means and standard deviation. Analysis of variance and Tukey's complementary test at 5% probability were performed using the software SAS 8.0 (Statistical Analysis System, USA). The FTIR spectra were analyzed by the software Origin (version 8.0).

### **3 Results and Discussion**

#### *3.1 Seed Chemical Characterization*

##### *3.1.1 Moisture, Lipids, Proteins, and Ashes*

The different constituents in each sample assessed are listed in Table 1. It can be seen that, of the four seeds studied, three are rich in lipids with percentages above 35%. The seeds of cupuassu and peach palm showed potential to supply proteins with contents around 10 and 9%, respectively.

### *3.1.2 Cellulose, Hemicellulose, and Lignin*

The monosaccharide composition of the seeds studied is presented in Table 1. Mammee apple seed was the only one with a high glucose content (76%). On the other hand, tucuman and peach palm seeds had xylose, galactose, and mannose in their composition, showing the possible presence of galactomannans since the mannose:galactose ratio (M/G) was around 3:1 and 4:3, respectively.

Galactomannans are widely employed in the pharmaceutical, textile, cosmetic, and food industry (Prajapati, Jani, Moradiya & Randeria, 2013). Commercial galactomannans, locust bean gum, guar gum, and tara gum had M/G ratios of 3.5:1, 2:1, and 3:1, respectively (Prajapati et al., 2013). Cupuassu seeds obtained the lowest total sugar percentage (13%); however the same seed had about 30% lignin.

Agricultural and agro-industrial by products are widely investigated for the sugar and lignin contents in their lignocellulosic biomasses (Maki-Arvela, Salmi, Holmbom, Willfor & Murzin, 2011). Among them are rice hulls and straw (Adel, El-Wahab, Ibranhim & Al-Shemy, 2010) and grape seeds (43.8% lignin) (Yedro, García-Serna, Cantero, Sobrón & Cocero, 2015).

Some compounds such as furfural, hydromethylfurfural, and acetic acid were found in the samples. Those compounds are commonly found in hydrolyzed cellulosic and hemicellulosic materials since they are byproducts of sugar degradation such as pentoses and hexoses (Mussatto & Roberto, 2004).

In face of the information presented in this study, fractions obtained from seeds demonstrate attractive properties and their potential to be used in different food and non-food applications. They may also be used as antioxidant in the pharmaceutical and cosmetic industries and as raw material in the production of polymers and dispersers

given their good results in protein, glucose, lignin, and the possible attainment of galactomannans.

Table 1 Chemical composition of the four Amazonian seeds in dry basis.

Composition (g/ 100g)	Seeds			
	Cupuassu	Tucuman	Peach palm	Mammee apple
Moisture	2.13±0.12	1.37±0.17	3.12±0.22	3.79±0.08
Fat	45.30±0.01	43.03±0.78	35.53±0.29	14.52±0.46
Protein	10.13±0.08	6.25±0.08	9.19±0.10	3.62±0.24
Ash	3.06±0.31	1.05±0.11	2.16±0.14	1.63±0.09
Lignin				
Insoluble	30.5±0.05	8.53±0.9	5.82±0.30	5.04±0.09
Soluble	1.51±0.01	1.62±0.03	1.36±0.03	1.81±0.03
Cellulose				
Glucose	13.02±0.14	3.67±0.21	1.01±0.14	76.51±0.55
Hemicellulose				
Xylose	nd*	7.24±0.40	10.05±0.22	7.53±0.22
Galactose	nd	8.54±0.62	7.60±0.91	nd
Arabinose	nd	nd	nd	nd
Mannose	nd	26.52±0.43	32.7	nd
Man/Gal	nd	3:1	4:3	nd
Totais sugars	13.02	45.97	51.36	84.04
Acetic acid	1.18±0.04	nd	5.38±0.01	8.94±0.06
Hydroxymethyl	0.02±0.01	0.14±0.06	0.38±0.01	0.02±0.02
Furfural	0.03± 0.01	Nd	0.64±0.01	0.11±0.09
Totais acids	1.23	0.14	6.4	9.07

Results are mean of three different determinations ± standard deviation. \* nd: Not detectable.

### 3.2 Polysaccharide Extraction

This section aims to compare the extraction methods based on the manomeric fractions and their respective yields.

### *3.2.1 Aqueous Extraction*

According to the results presented in Table 2, the removal of the lipid fraction from the endosperm of cupuassu, tucuman, and peach palm seeds had a positive impact on polysaccharide extraction yield (Y1).

When the GI and GII fractions were compared, it was found that the samples subjected to the second treatment had the best results regarding total sugar concentration for the polysaccharides extracted from tucuman and mammee apple seeds, with percentages of 21.12 and 50.88%, respectively. That indicates the amount and number of rinsings, as well as the contact time (12 h) between the sample and the precipitating agent (ethanol) may have impacted extraction efficacy.

However, the sugars present in the lyophilized material obtained from the peach palm seeds showed better results when they underwent the first treatment, with percentages of 16.56% for the FI fraction. This is positive since this treatment has lower costs and shorter extraction time.

The monosaccharide composition of the seed polysaccharides differs from fruit to fruit. Despite the good percentages found, it can be seen that extraction was not complete when the obtained values were compared with those found in the composition analysis (Table 1). Traces of sugars such as mannose, arabinose, and galactose, which were not identified in the quantitative acid hydrolysis, can be seen, while xylose is absent from the polysaccharides resulting from tucuman, peach palm, and mammee apple seeds. Acid concentration in the reaction medium may impact both hemicellulose hydrolysis and the formation/degradation of xylose during treatment (Adel, El-Wahab, Ibrahim & Al-Shemy, 2010).

Table 2 Monosaccharide composition and extraction yield of the polysaccharides obtained by aqueous extraction.

Sample**	Monosaccharide composition					Sugars (%)	Yield***	
	Glc	Xil	Gal	Ara	Man		Y1	Y2
Cupuassu								
FI	3.58±0.55 <sup>ab</sup>	0.14±0.03 <sup>ab</sup>	0.46±0.46 <sup>a</sup>	0.59±0.42 <sup>a</sup>	3.02±0.97 <sup>a</sup>	7.80±0.60 <sup>a</sup>	73.14	5.69
GI	3.58±0.67 <sup>ab</sup>	nd*	0.76±0.32 <sup>a</sup>	0.73±0.22 <sup>a</sup>	3.09±0.36 <sup>a</sup>	8.16±0.48 <sup>a</sup>	79.97	6.52
FII	4.65±0.60 <sup>a</sup>	0.25±0.07 <sup>a</sup>	0.61±0.39 <sup>a</sup>	2.06±0.46 <sup>a</sup>	0.17±0.08 <sup>b</sup>	7.64±0.41 <sup>a</sup>	75.50	5.84
GII	2.05±0.07 <sup>b</sup>	0.17±0.03 <sup>ab</sup>	0.57±0.42 <sup>a</sup>	2.04±0.45 <sup>a</sup>	0.43±0.42 <sup>b</sup>	5.27±1.37 <sup>b</sup>	77.90	4.09
Tucuman								
FI	0.27±0.11 <sup>ab</sup>	nd	2.1±0.02 <sup>a</sup>	1.83±0.70 <sup>a</sup>	16.05±0.10 <sup>a</sup>	20.26±0.47 <sup>a</sup>	22.87	4.63
GI	0 <sup>b</sup>	nd	2.03±0.62 <sup>a</sup>	1.7±0.55 <sup>a</sup>	16.09±0.14 <sup>a</sup>	19.82±1.03 <sup>a</sup>	27.04	5.36
FII	0.43±0.07 <sup>a</sup>	nd	1.49±0.67 <sup>a</sup>	1.35±0.48 <sup>a</sup>	12.69±0.84 <sup>b</sup>	15.97±0.24 <sup>b</sup>	30.24	4.82
GII	0.20±0.01 <sup>ab</sup>	nd	2.4±0.70 <sup>a</sup>	1.99±0.56 <sup>a</sup>	16.53±0.73 <sup>a</sup>	21.12±0.52 <sup>a</sup>	34.51	7.28
Peach palm								
FI	1.11±0.14 <sup>a</sup>	0.3±0.14 <sup>a</sup>	2.27±0.16 <sup>a</sup>	1.74±0.22 <sup>a</sup>	11.14±0.20 <sup>a</sup>	16.56±0.69 <sup>a</sup>	87.87	14.50
GI	0.92±0.12 <sup>a</sup>	0.21±0.28 <sup>a</sup>	1.20±0.27 <sup>a</sup>	1.08±0.84 <sup>a</sup>	3.80±0.13 <sup>b</sup>	7.21±0.70 <sup>c</sup>	93.92	6.77
FII	1.12±0.81 <sup>a</sup>	0.22±0.28 <sup>a</sup>	2.43±0.52 <sup>a</sup>	1.93±0.21 <sup>a</sup>	10.39±0.84 <sup>a</sup>	16.09±0.09 <sup>a</sup>	71.90	11.40
GII	0.55±0.21 <sup>a</sup>	0.21±0.11 <sup>a</sup>	1.55±0.48 <sup>a</sup>	1.17±0.36 <sup>a</sup>	6.25±0.92 <sup>b</sup>	9.74±0.63 <sup>b</sup>	76.81	7.48
Mamsee apple								
FI	41.0±0.42 <sup>bc</sup>	nd	0.79±0.12 <sup>a</sup>	1.46±0.63 <sup>a</sup>	0.27±0.16 <sup>a</sup>	43.53±0.76 <sup>c</sup>	97.97	42.63
GI	38.0±0.98 <sup>c</sup>	nd	0.57±0.14 <sup>a</sup>	1.16±0.14 <sup>a</sup>	0.21±0.14 <sup>a</sup>	39.94±0.85 <sup>c</sup>	81.98	32.74
FII	44.0±0.98 <sup>b</sup>	nd	0.63±0.11 <sup>a</sup>	1.19±0.14 <sup>a</sup>	nd	45.82±0.95 <sup>b</sup>	95.84	43.91
GII	49.0±0.91 <sup>a</sup>	nd	0.55±0.20 <sup>a</sup>	1.17±0.75 <sup>a</sup>	nd	50.88±0.94 <sup>a</sup>	65.93	33.50

Results are mean of three different determinations ± standard deviation; \*nd: Not detectable; Different letters in the same column statistically differ (p<0.05), \*\*FI: sample containing lipids subjected to treatment 1; GI: defatted sample subjected to treatment 1; FII: sample containing lipids subjected to treatment 2; GII: defatted sample subjected to treatment 2. \*\*\*Y1: total extraction yield, expressed as g lyophilized material per 100 g of the sample; Y2: yield of the amount of sugars extracted, expressed as g total sugars present in the lyophilized material per 100 g of the sample.

### 3.2.2 Alkaline Extraction

The Hemi B fraction (Table 3) had better glucose, xylose, galactose and arabinose extraction yields than Hemi A fraction for cupuassu, tucuman, and peach palm seeds. The high total sugars extraction yield - 14.96% - from tucuman seed must be pointed out. However, this procedure was not effective in extracting mannose, which was retained in the Hemi A fraction, mainly for the polysaccharides from cupuassu and peach palm seeds with values of 18.70 and 15.70%, respectively. Ballesteros, Cerqueira,

Teixeira, and Mussatto (2015) studied polysaccharide extraction from spent coffee grounds and concluded that mannose was the hardest monosaccharide to extract, suggesting more severe treatments.

Table 3 Monosaccharide composition and extraction yield of the polysaccharides obtained by alkaline extraction.

Sample	Monosaccharide composition					Total Sugars (%)	Yield**	
	Glc	Xil	Gal	Ara	Man		Y1	Y2
Cupuassu								
Hemi A	0.45±0.31 <sup>b</sup>	nd*	nd	nd	18.25±0.94 <sup>a</sup>	18.70±1.3 <sup>b</sup>	73.99	13.97
Hemi B	4.09±0.16 <sup>a</sup>	nd	nd	1.0±0.03	0.48±0.38 <sup>b</sup>	5.58±0.26 <sup>a</sup>	20.06	1.67
Tucuman								
Hemi A	0.22±0.02 <sup>a</sup>	nd	1.14±0.18 <sup>b</sup>	0.13±0.05 <sup>b</sup>	7.22±0.50 <sup>a</sup>	8.71±0.48 <sup>b</sup>	89.86	7.82
Hemi B	0.13±0.15 <sup>a</sup>	1.54±0.24	3.22±0.24 <sup>a</sup>	5.01±0.03 <sup>a</sup>	5.0±0.86 <sup>a</sup>	14.96±1.85 <sup>a</sup>	9.53	1.42
Peach palm								
Hemi A	0.11±0.03 <sup>b</sup>	0.81±0.29 <sup>a</sup>	0.84±0.33 <sup>a</sup>	nd	13.94±0.63 <sup>a</sup>	15.70±1.30 <sup>a</sup>	68.45	10.74
Hemi B	0.85±0.11 <sup>a</sup>	0.76±0.09 <sup>a</sup>	Nd	5.49±0.70	0.25±0.12 <sup>b</sup>	7.36±0.57 <sup>b</sup>	26.78	1.97
Mammee apple								
Hemi A	nd	nd	nd	nd	nd	20.80±0.84 <sup>a</sup>	85.92	17.87
Hemi B	nd	nd	nd	nd	nd	10.30±0.41 <sup>b</sup>	5.91	0.60

\*nd: Not detectable; results expressed as means ± standard deviation; different letters in the same column statistically differ (p<0.05), \*\*Y1: total extraction yield, expressed as g lyophilized material per 100 g of sample; Y2: yield of the amount of sugars extracted, expressed as g total sugars present in the lyophilized material per 100 g of the sample.

The polysaccharide obtained from mammee apple seed exhibited a differentiated behavior (gel formation), which prevented the monosaccharide composition to be verified by high-performance liquid chromatography (HPLC). Therefore, the data used to calculate the yields (Y1 and Y2) were obtained by measuring total sugars (Leyva et al., 2008), which shows that the Hemi A fraction retained most of the total sugars (20.80%). Mammee apple seed was the only sample that required differentiated parameters for polysaccharide extraction using the alkaline method, starting with lipid extraction for 12 h (see item 2.2.2). This procedure was required because a gel was formed when the seed with lipid extraction for 4 h was placed in the alkaline solution

(NaOH 4 mol.L<sup>-1</sup> and NaBH<sub>4</sub> 0.02 mol.L<sup>-1</sup>). For that reason, the lipid extraction time had to be extended to proceed with the polysaccharide extraction steps suggested in this study.

### *3.2.3 Polysaccharide Yields*

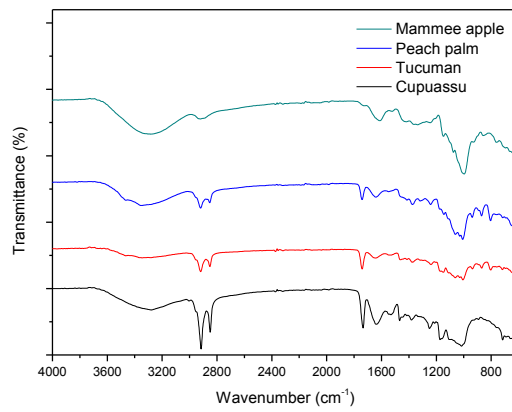
The amount of the percent yield Y2 (above 9%) and total sugars (above 23%) for the Hemi A and Hemi B fractions (Table 3) for cupuassu, tucuman and peach palm seeds presented better results when compared to the fractions obtained by the aqueous extraction (Table 2). Bouaziz et al. (2016) observed a significant difference in monosaccharide composition when studying almond gum, and obtained better percentages of arabinose and galactose when using the aqueous extraction, and glucose for the alkaline extraction.

### *3.3 Chemical Characterization of Polysaccharide Fractions*

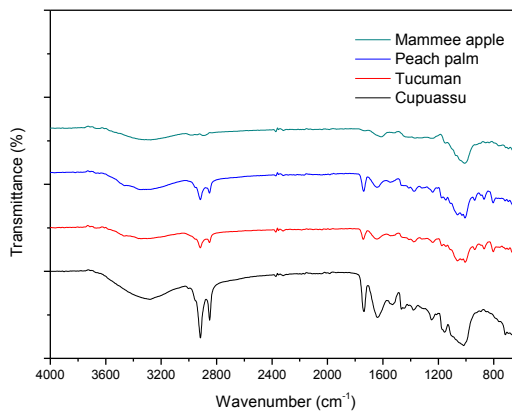
The fractions that allowed for the best polysaccharide extraction yields using the aqueous treatment (GI and GII) and a better identification of sugars - glucose, xylose, galactose and arabinose (Hemi B) after the alkaline treatment were selected for structural assessment of each polymer and their antioxidant properties.

#### *3.3.1. Structural Characterization*

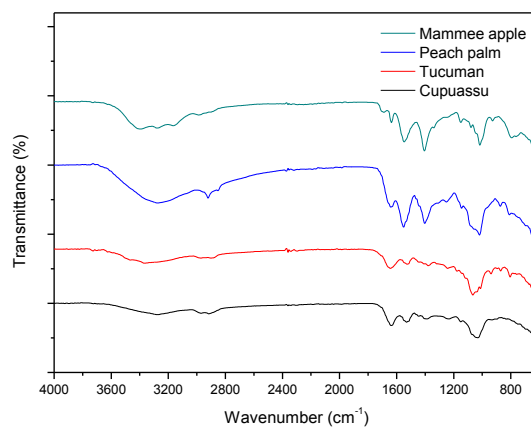
The FTIR spectra obtained for the polysaccharides extracted in fractions GI and GII (Fig. 2) showed infrared absorption bands similar.



GI



GII



Hemi B

**Fig. 2** FTIR spectra of the polysaccharides obtained from the GI, GII, and Hemi B fractions.



The spectra have peaks at  $2,900\text{ cm}^{-1}$  referring to the C-H group, especially group  $\text{CH}_2$ , may be related to the presence of lipids (Barbosa, 2008). The peaks at  $1,700\text{ cm}^{-1}$  corresponds to the stretching frequency of carbonyl (C=O) groups (indicating the presence of proteins) that are part of the amide group (Ren, Hemar, Perera, Lewis, Krissansen & Buchanan, 2014).

The absorption bands in the range of  $1,400\text{-}1,200\text{ cm}^{-1}$  and  $1,200\text{-}700\text{ cm}^{-1}$  are absorption peaks characteristic of polysaccharides (Wang, Chen, Jia, Tang & Ma, 2012). The fraction obtained by alkaline method (Hemi B) had less impurities as no lipids and proteins were.

### *3.3.2 Antioxidant Properties*

#### *3.3.2.1 Antioxidant Ability*

The free-radical scavenging activity by the DPPH method varied among the polysaccharides extracted from each seed (Table 4). The Hemi B fraction obtained better results, especially for the polysaccharides from cupuassu and tucuman seeds at  $31.62$  and  $27.64\text{ mg TE/mL}$ , respectively. The antioxidant activity of polysaccharides is related to their structural characteristic, such as molecular mass and monosaccharide composition (Jiang et al., 2013). Besides those factors, the elimination of compounds is directly related to concentration and, therefore, the polysaccharide samples expressed by  $\text{IC}_{50}$  did not reach the minimum concentration required for the antioxidant to reduce by 50% the initial DPPH radical in the reaction. Ren, Hemar, Perera, Lewis, Krissansen & Buchanan (2014) extracted polysaccharides from species of edible mushrooms and found that the increase in concentration a  $\text{IC } 4.03\text{ mg/mL}$  of the polysaccharide extract enabled 50% inhibition.

The antioxidant activity measured by the FRAP method revealed greater antioxidant potential for the Hemi B fraction.

The literature recommends using different methods to assess the antioxidant activity of foods and biological systems since each one has a different reaction base, which enhances result interpretation (Rufino, Alves, Brito, Pérez-Jiménez, Saura-Calixto & Mancini-Filho, 2010).

Table 4 Antioxidant capacity of polysaccharides extracted from the GI, GII, and Hemi B fractions.

Sample	DPPH IC <sub>50</sub> (mg TE/mL)		
	GI	GII	Hemi B
Cupuassu	16.08±0.34 <sup>a</sup>	8.94±1.26 <sup>a</sup>	31.62±0.69 <sup>a</sup>
Tucuman	4.22±0.26 <sup>b</sup>	1.45±0.37 <sup>c</sup>	27.64±0.86 <sup>b</sup>
Peach palm	0.90±0.26 <sup>c</sup>	3.97±0.83 <sup>b</sup>	10.62±0.79 <sup>c</sup>
Mammee apple	4.37±0.65 <sup>b</sup>	3.26±0.37 <sup>bc</sup>	2.54±0.45 <sup>d</sup>
Sample	FRAP (mg Fe(II)/mL)		
	GI	GII	Hemi B
Cupuassu	0.106±0.002 <sup>a</sup>	0.037±0.003 <sup>a</sup>	0.230±0.001 <sup>b</sup>
Tucuman	0.015±0.001 <sup>d</sup>	0.009±0.005 <sup>b</sup>	0.366±0.004 <sup>a</sup>
Peach palm	0.038±0.001 <sup>c</sup>	0.010±0.001 <sup>b</sup>	0.077±0.002 <sup>c</sup>
Mammee apple	0.057±0.004 <sup>b</sup>	0.007±0.002 <sup>b</sup>	0.076±0.007 <sup>c</sup>
Sample	Total phenolic compounds (mg GAE/g lyophized)		
	GI	GII	Hemi B
Cupuassu	4.89±0.23 <sup>a</sup>	4.23±0.24 <sup>a</sup>	94.26±0.94 <sup>b</sup>
Tucuman	1.56±0.23 <sup>c</sup>	1.56±0.23 <sup>b</sup>	101.59±1.88 <sup>a</sup>
Peach palm	1.56±0.23 <sup>c</sup>	1.23±0.24 <sup>b</sup>	60.26±1.88 <sup>c</sup>
Mammee apple	3.56±0.23 <sup>b</sup>	1.56±0.23 <sup>b</sup>	16.93±0.94 <sup>d</sup>

Results are mean of three different determinations ± standard deviation. Different letters in the same column statistically differ (p<0.05). DPPH: antioxidant activity by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay. FRAP: antioxidant activity by the ferric reducing antioxidant power assay.

### 3.3.2.2. Phenolic Compounds

The values obtained for total phenolic compounds of the polysaccharide fractions GI, GII, and Hemi B ranged from 1.23 to 101.59 mg GAE/g (Table 4). Higher

contents of polysaccharides were obtained in the GI fractions with averages of 4.89 and 3.56 mg GAE/g l, for the extracts from cupuassu and mammee apple seeds, respectively. The Hemi B fraction had the highest concentration of phenolics, in particular the extract from tucuman seed with 101.59 mg GAE/g, followed by cupuassu seed with 94.26 mg GAE/g. Tang, Li, Zhang, Chen, Liu & Tsao (2015), when studying extracts from quinoa seeds, concluded that the phenolic compounds do not exist only in free form, but also in forms that may be released by alkaline agents and/or hydrolysis.

#### **4. Conclusion**

The seeds assessed have potential for application in several industrial sectors since the chemical characteristics revealed high concentrations of compounds such as lipids and lignin. Moreover, they also present high concentrations of sugars with properties that differ between the different seeds. The preliminary characterization of the different polysaccharides as obtained by different extraction methods suggests that they have functional properties that may be of use for different industrial applications.

#### **Acknowledgements**

The authors are thankful to CAPES for the financial support through the Split PhD Abroad Program – PDSE (process BEX 8229/14-7), PROPESP and CNPq for process 308021/2015-0 and process 477013/2013-9. The authors also acknowledge University of Minho and the Federal University of Pará.

## Conflict of interest

There are not conflicts of interest for authors.

## References

- Adel, A. M., El- Wahab, Z. H. A., Ibrahim, A. A., & Al-Shemy, M. T. (2010). Characterization of microcrystalline cellulose prepared from lignocellulosic materials. Part I. Acid catalyzed hydrolysis. *Bioresource Technology*, 101, 4446–4455.
- Ballesteros, L. F., Cerqueira, M. A., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2015). Characterization of polysaccharides extracted from spent coffee grounds by alkali pretreatment. *Carbohydrate Polymers*, 127, 347-354.
- Barbosa, L. C. A. (2008). *Infrared spectroscopy for characterization of organic compounds*. (1 th ed.). Viçosa: UFV, p.189.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70–76.
- Bicsak, R. C. (1993). Comparison of Kjeldahl Method for determination of crude protein in cereal grains and oilseeds with generic combustion method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, 76, 780-786.
- Bolanho, B. C., Danesi, E. D. G., & Beléia, A. P. (2015). Carbohydrate composition of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products flours. *Carbohydrate Polymers*, 124, 196-200.
- Bouaziz, F., Koubaa, M., Jeddou, K. B., Kallel, F., Helbert, C. B., Khelifa, A., Ghorbel, R. E., & Chaabouni, S. E. (2016). Water-soluble polysaccharides and hemicelluloses from almond gum: Functional and prebiotic properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 359–368.
- Cerqueira, M. A., Pinheiro, A. C., Souza, B. W. S., Lima, Á. M. P., Ribeiro, C., Miranda, C., Teixeira, J. A., Moreira, R. A., Coimbra, M. A., Gonçalves, M. P., & Vicente, A. A. (2009). Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. *Carbohydrate Polymers*, 75 (3), 408-414.
- Hidalgo, M., Sánchez-Moreno, C., & De Pascual-Teresa, S. (2010). Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 121(3), 691–696.
- Horwitz, W., & Latimer, G. W., Jr. (2005). *Official methods analysis of AOAC International (18th ed.)*. Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International.
- Jiang, G., Wen, L., Chen, F., Wu, F., Lin, S., Yang, B., & Jiang, Y. (2013). Structural characteristics and antioxidant activities of polysaccharides from longan seed. *Carbohydrate Polymers*, 92, 758– 764.
- Lee, J. S., Synytsya, A., Kim, H. B., Choi, D. J., Lee, S., Lee, J., Kim, W. J., Jang, S., & Park, Y. I. (2013). Purification, characterization and immunomodulating activity of a

pectic polysaccharide isolated from Korean mulberry fruit Oddi (*Morus alba* L.). *International Immunopharmacology*, 17, 858–866.

Leyva, A., Quintana, A., Sánchez, M., Rodríguez, E. N., Cremata, J., & Sánchez, J. C. (2008). Rapid and sensitive anthrone-sulfuric acid assay in microplate format to quantify carbohydrate in biopharmaceutical products: Method development and validation. *Biologicals*, 36, 134-141.

Lira, C. S., Berruti, F. M., Palmisano, P., Berruti, F., Briens, C., & Pécora, A. A. B. (2013). Fast pyrolysis of Amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seeds in a bubbling fluidized bed reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 99, 23–31.

Maki-Arvela, P., Salmi, T., Holmbom, B., Willfor, S., & Murzin, D. Y. (2011). Synthesis of sugars by hydrolysis of hemicelluloses - A Review. *Chemical Reviews*, 111 (9), 5638-5666.

Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P. A., Roberto, I. C., & Teixeira, J. A. (2011). A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, 83 (2), 368-374.

Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2006). Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewer's spent grain. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 81(3), 268–274.

Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2004). Alternatives for detoxification of diluted acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative processes: a review. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.

Nayak, A., K., Pal, D., & Santa, K. (2015). Screening of polysaccharides from tamarind fenugreek and jackfruit seeds as pharmaceutical excipients. *International Journal of Biological Macromolecules*, 79, 756–760.

Ordóñez-Santos, L. E., Pinzón-Zarate, L. X., & González-Salcedo, L. O. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 560–566.

Prajapati, V. D., Jani, G. K., Moradiya, N. G., & Randeria, N. P. (2013). Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. *Carbohydrate Polymers*, 92, 1685–1699.

Prajapati, V. D., Jani, G. K., Moradiya, N. G., Randeria, N. P., Nagar, B. J., Naikwadi, N. N., & Variya, B. C. (2013). Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 83-92.

Pugliese, A. G., Tomas-Barberan, F. A., Truchado, P., & Genovese, M. I. (2013). Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (11), 2720–2728.

Ren, L., Hemar, Y., Perera, C.O., Lewis, G., Krissansen, G. W., & Buchanan, P. K. (2014). Antibacterial and antioxidant activities of aqueous extracts of eight edible mushrooms. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3(2), 41-51.

Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996–1002.

- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Sluiter, A. Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., & Templeton, D. (2008). Determination of extractives in biomass. *Technical Report NREL/TP-510-42619*.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & Crocker, D. (2010). Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. *Technical Report NREL/TP-510-42618*.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388.
- Vriesmann, L. C., & Petkowicz, C. L. O. (2009). Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Structural characterization of a pectic fraction. *Carbohydrate Polymers*, 77, 72-79.
- Wang, R., Chen, P., Jia, F., Tang, J., & Ma, F. (2012). Optimization of polysaccharides from *Panax japonicus* C.A. Meyer by RSM and its anti-oxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50, 331–336.
- Yedro, F. M., García-Serna, J., Cantero, D. A., Sobrón, F., & Cocero, M. J. (2015). Hydrothermal fractionation of grape seeds in subcritical water to produce oil extract, sugars and lignin. *Catalysis Today*, 257, 160–168.

## **CONCLUSÃO GERAL**

De acordo com os resultados apresentados nesta pesquisa, pode-se concluir que as sementes de cupuaçu, tucumã, pupunha e abricó possuem componentes químicos de interesse comercial e nutricional que viabilizam o beneficiamento desse subproduto, que até o presente momento tem sido pouco explorada por falta de informação e divulgação a cerca de seus constituintes. Dessa forma a caracterização química e nutricional contribui para direcionar formas de consumo e aproveitamento das sementes, enquanto que a ausência de dados referentes à extração e composição polissacarídica do endosperma das sementes, bem como a possível presença de galactomananas em duas espécies avaliadas podem incentivar novas pesquisas, tais como a forma de ligações e ramificações da estrutura do polímero, estudos de viscosidades e dentre outros, a fim de torná-las em uma fonte alternativa a outras sementes comercialmente utilizadas para obtenção de polissacarídeos.