



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**MÁRLIA BARBOSA PIRES**

**POTENCIAL DA APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE FRUTOS DE PUPUNHA**

**(*Bactris gasipaes* KUNT)**

**BELÉM- PA**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**MÁRLIA BARBOSA PIRES**

**POTENCIAL DA APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE FRUTOS DE PUPUNHA**

***(Bactris gasipaes KUNT)***

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como pré- requisito para obtenção do grau de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**BELÉM- PA**

**2018**

**POTENCIAL DA APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE FRUTOS DE PUPUNHA**

*(Bactris gasipaes KUNT)*

**Por**

**MÁRLIA BARBOSA PIRES**

**DATA:** \_\_\_\_\_

**CONCEITO:** \_\_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz Rodrigues (PPGCTA/ITEC/UFPA - Orientador)

---

Prof. Dra. Luiza Helena Meller da Silva (PPGCTA/ITEC/UFPA – Co Orientadora)

---

Prof. Dra. Edna Regina Amante (CCA/UFSC – Membro Externo)

---

Prof. Dr. Frederico Augusto Ribeiro de Barros (DTA/UFV – Membro Externo)

---

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena (PPGCTA/ITEC/UFPA – Membro interno)

---

Prof. Dr. Nelson Rosa Ferreira (PPGCTA/UFPA – Membro Interno)

**Belém**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me iluminado, protegido e traçado meu caminho até este momento, tudo estava escrito em seu livro, o livro da vida! Contudo a realização deste sonho tem vários coautores e estas singelas linhas são muito pouco perante o real merecimento de todos.

Agradeço imensamente aos meus pais, Maria do Carmo e Candido Pires, pela educação que me deram, pois acredito que nossa educação inicia-se em casa, me ensinaram a respeitar o próximo e fazer o possível para ajuda-lo se necessário. Portanto, porque não dizer que as primeiras diretrizes da docência aprendi em casa! Deixo aqui registrado o desejo de ser na profissão que escolhi, metade do profissional que meu pai é na profissão dele!

Agradeço também aos meus amores, Paulo Marcio e Paulo Henrique, companheiro e filho, que somente com suas presenças me tornaram mais forte para ultrapassar as barreiras ao longo deste árduo caminho. Cada abraço filho, cada “eu te amo mamãe!” tornaram-se combustível para seguir em frente. A todos os familiares pela confiança, todos de uma forma ou outra tem uma pontinha de responsabilidade por esta vitória.

À Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade da realização deste trabalho. Aos meus orientadores, Prof. Dr. Antonio Manoel da Cruz, pela confiança em mim depositada, espero ter atendido as expectativas! Á minha Co orientadora, Prof. Dra. Luiza Helena Meller da Silva, pelo incentivo, orientação e porque não dizer amizade! À Prof. Dra. Edna Regina Amante, pelo carinho e atenção. A todos vocês caros mestres meu muito obrigado!

Agradeço ao LAMEFI, assim como aos colegas que de alguma forma ajudaram neste longo caminho, em especial Rutelene, Paulo Chada, Samiria, Cintieley, Jezica e Dayala, agradeço também a todos os funcionários que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Á Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC-CCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de viçosa (UFV), por contribuírem para realização de experimentos para execução deste trabalho. Ao CNPq, FAPESPA e CAPES pela concessão das bolsas que tive ao longo desta jornada e agradeço em especial aos professores Frederico Barros, Rosinelson Pena e Raul Nunes pela disponibilidade e atenção fornecidas ao avaliarem este trabalho.

## Dedicatória

*Aos meus queridos pais, **Maria do Carmo Barbosa Pires e Cândido Lobato Pires**, que me ensinaram a ser o que sou! Ao **Paulo Marcio Siqueira Pontes**, pelo companheirismo! Ao meu filho, **Paulo Henrique Pires Pontes**, que é tudo e muito mais!*

e

*Em especial as minhas queridas avós, **Nazaré Vilhena Barbosa e Raimunda Lobato Pires** e ao meus avôs **Antônio Bruno dos Santos Barbosa e Sebastião de Sousa Pires**, que hoje não estão mais aqui, mas que sempre demonstraram orgulho pelas vitórias alcançadas!*

## RESUMO

PIRES, Márlia Barbosa Pires. **Potencial da aplicação industrial de frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* kunt)**, 2017, 101p, Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA). Universidade Federal do Pará, Belém.

O trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de aplicação industrial de frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunt) típicos da região amazônica que além de ser fonte de alimento apresenta grande potencial para aplicações industriais. Os frutos são classificados em três raças, de acordo com o tamanho: microcarpa (fruto < 20 g); mesocarpa (fruto entre 21 e 70 g) e macrocarpa (fruto > 70 g). Para este estudo se elaborou três farinhas de pupunha, uma de cada raça microcarpa (FMI), mesocarpa (FME) e macrocarpa (FMA). As farinhas foram caracterizadas e apresentaram elevado potencial energético ( $\geq 300$  kcal /100g) e alto teor de fibra alimentar e amido, além de propriedades tecnológicas, capacidade de absorção de água ( $\geq 255\%$ ) e capacidade de absorção de óleo ( $\geq 65\%$ ). Os amidos, extraídos das farinhas por dois métodos, foram caracterizados quanto ao teor de lipídeos, proteínas, viscosidade, poder de inchamento, de solubilização e teor de amilose. Os resultados demonstraram que apesar do amido conter baixo teor de amilose, o gel é resistente ao aquecimento, mantendo o comportamento viscoso por mais tempo. O baixo teor de amilose ( $\leq 2,92$  g.100g<sup>-1</sup>) foi confirmado independente da raça, indicando a classificação do amido de pupunha como amido ceroso. Amidos com estas características são de grande importância para aplicação industrial, principalmente na indústria alimentícia, onde são utilizados para alterar ou controlar características como textura, aparência e estabilidade no *shelf life*.

**Palavras Chave:** pupunha, farinha de pupunha, amido de pupunha, amido ceroso.

## ABSTRAT

PIRES, Márlia Barbosa Pires. **Potential of industrial application of fruits of peach palm (*Bactris gasipaes* kunt)**, 2017, 101p, Thesis (Doctoral) - Postgraduate Program in Food Science and Technology (PPGCTA). Federal University of Pará, Belém.

The objective of this work was to evaluate the potential of industrial application of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunt) fruits typical of the Amazonian region, which besides being a food source, presents great potential for industrial applications. The fruits are classified into three races according to their size: microcarpa (fruit <20 g); mesocarpa (fruit between 21 and 70 g) and macrocarpa (fruit > 70 g). For this study, three peach palm flour, one of each race microcarpa (MIF), mesocarpa (MEF) and macrocarpa (MAF) were elaborated. Flours were characterized and presented high energy potential ( $\geq 300$  kcal / 100g) and high dietary fiber and starch content, as well as adequate technological properties, Water absorption capacity ( $\geq 255\%$ ) and Absorption capacity of oil ( $\geq 65\%$ ). Starches, extracted from flours by two methods, were characterized as to lipid content, protein, viscosity, swelling power, solubilization and amylose content. The results showed that although the starch contains a low amylose content, its gel is resistant to heat, maintaining its viscous behavior for longer. The low amylose content, ( $\leq 2.92$  g.100g<sup>-1</sup>), was confirmed regardless of race, indicating the classification of peach palm starch as waxy starch. Starches with these characteristics are of great importance for industrial application, mainly in the food industry, where they are used to change or control characteristics such as texture, appearance and shelf life stability.

**Keywords:** peach palm, peach palm flour, peach palm starch. waxy starch.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 1.

- FIGURA 1: Frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) ..... 19
- FIGURA 2-A): Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4)]. B) Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4) e  $\alpha$ -(1-6) ..... 23

### CAPITULO 2

- FIGURA 1: Espectros de absorção na região do infravermelho das farinhas de pupunha. 43
- FIGURA 2: Microscopia eletrônica de varredura das farinhas de pupunha - FMI, FME e FMA..... 46

### CAPITULO 3

- FIGURA 1: Morfologia dos grânulos de amido de pupunha..... 65
- FIGURA 2: Poder de Inchamento dos amidos de pupunha..... 66
- FIGURA 3: Índice de Solubilização dos amidos de pupunha..... 66
- FIGURA 4: Viscoamilograma do amido de pupunha..... 68
- FIGURA 5: Termogravimetria do amido de pupunha..... 70

### CAPITULO 4

- FIGURA 1: Viscoamilograma do amido de pupunha..... 90
- FIGURA 2: Morfologia dos grânulos de amido de pupunha..... 93
- FIGURA 3: Raio-X do amido de pupunha..... 94

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1.

TABELA 1- Composição nutricional da polpa de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) ..... 20

### CAPITULO 2

TABELA 1- Composição centesimal dos frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) ..... 38

TABELA 2- Composição das farinhas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) ..... 40

TABELA 3 - Propriedades de pasta de farinhas de pupunha, obtidas em RVA (Rapid Visco Analyser)..... 47

TABELA 4 - Propriedades tecnológicas das farinhas de pupunha..... 49

### CAPITULO 3

TABELA 1- Rendimento do amido de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)..... 60

TABELA 1- Composição centesimal da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)..... 61

### CAPITULO 4

TABELA 1- Composição centesimal da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)..... 85

TABELA 2 – Características físico-químicas do amido de pupunha..... 87

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO 1- REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
<b>1 BIODIVERSIDADE AMAZÔNICA.....</b>	<b>18</b>
<b>2 PUPUNHA.....</b>	<b>18</b>
2.1.RAÇAS.....	19
2.2. VALOR NUTRICIONAL.....	20
2.3. POTENCIAL TECNOLÓGICO DA PUPUNHA.....	21
<b>2.3.1. Farinha de pupunha.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2. Amido.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3. Extração do Amido.....</b>	<b>25</b>
2.3.2.1. Características funcionais do amido.....	26
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPITULO 2: FARINHA DE PUPUNHA (<i>Bactris gasipae</i> KUNTH): POTENCIAL DE APLICAÇÃO EM FUNÇÃO DE SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS</b>	<b>33</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>

2.1.	MATÉRIA PRIMA.....	36
2.2.	ELABORAÇÃO DA FARINHA.....	36
2.3.	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA.....	37
2.4.	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	37
2.5.	PROPRIEDADES DE PASTA.....	37
2.6.	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.....	38
2.7.	ANÁLISES DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO- FTIR.....	38
2.8.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERENCIA.....</b>	<b>50</b>
	<b>CAPITULO 3: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE PUPUNHA (Bactris gasipae Kunth), EXTRAÍDO POR DIFERENTES MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>58</b>
2.1.	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	58
2.2.	EXTRAÇÃO DO AMIDO .....	58
2.3.	RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO.....	58
2.4.	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	59
2.5.	PROPRIEDADES DE PASTA .....	59

2.6.	ANÁLISES TÉRMICAS.....	60
2.7.	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.....	60
2.8.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	60
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>61</b>
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE PUPUNHA.....	61
3.2.	MORFOLOGIA DO AMIDO.....	64
3.3.	PROPRIEDADES DE PASTA DO AMIDO.....	66
3.4.	PROPRIEDADES TERMICAS DO AMIDO.....	70
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERENCIA.....</b>	<b>73</b>
	<b>CAPITULO 4: CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAIDO DA FARINHA DE PUPUNHA (<i>Bactris gasipae</i> Kunth): PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS.....</b>	<b>79</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>82</b>
2.1.	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	82
2.2.	OBTENÇÃO DA FARINHA.....	83
2.3.	EXTRAÇÃO DO AMIDO.....	83
2.4.	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA.....	83
2.5.	RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO.....	84
2.6.	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	85
2.7.	PROPRIEDADES DE PASTA.....	85

2.8. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.....	85
2.9. ANÁLISE TÉRMICA.....	86
2.10. RAIOS X.....	86
2.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	86
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>87</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	87
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE PUPUNHA.....	88
3.3. PROPRIEDADES DE PASTA DO AMIDO DE PUPUNHA.....	91
3.4. PROPRIEDADES TÉRMICAS DO AMIDO DE PUPUNHA.....	93
3.5. MORFOLOGIA DO AMIDO DE PUPUNHA.....	95
3.6. RAIOS X.....	96
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O DOUTORADO.....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Palmeira nativa dos trópicos americanos a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) produz frutos comestíveis, os quais estão completamente integrados à dieta alimentar dos amazônidas (YUYAMA et al., 2011). Segundo Reddy (2003), o fruto é bastante utilizado na alimentação, em função do alto valor nutritivo e energético, sendo rico em proteínas, carboidratos, fibras, carotenoides, ácido ascórbico e minerais; principalmente ferro, cálcio e fósforo. Os frutos apresentam polpa carnuda, espessa e às vezes fibrosa, são consumidos cozidos além de matéria prima para várias finalidades, como fonte de amido, óleo e para produção de farinhas, (BRASIL, 2002).

Entre as raças de frutas de pupunha a macrocarpa, conhecida como pupunha ‘seca’, é a que apresenta maior teor de amido. O amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas de grande parte dos produtos processados, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade durante a vida de prateleira (BOLANHO, 2013).

A farinha de pupunha, que apresenta elevado teor de amido, não possui glúten, podendo ser utilizada na formulação de produtos para grupos da população que necessitam de uma dieta onde esta proteína esteja ausente, como é o caso dos celíacos (CLEMENT, MORA URPI, 2005).

Segundo Yuyama et al. (2011), na Costa Rica a farinha de pupunha já é comercializada em supermercados. No Brasil, na região norte, a pupunha tem grande aceitação, porém sua utilização se restringe ao consumo na forma de fruto cozido ou como ingrediente nas formulações de alimentos em nível doméstico. (BOLANHO, 2013).

As técnicas empregadas para o processamento de farinha têm como fundamento básico a secagem. Segundo Evangelista (1994), a operação de secagem é definida como um processo de remoção de umidade de um sólido, por evaporação da água presente no mesmo; pelo fornecimento de calor. A utilização do processo de secagem permite aumentar o tempo de conservação a estabilidade do produto, além de permitir a disponibilidade do produto durante todo o ano (ALMEIDA et al. 2006). Com o objetivo de avaliar o potencial de aplicação alimentícia dos frutos de pupunha de diferentes

raças, em função de sua composição e propriedades tecnológicas, esta tese está organizada da seguinte maneira:

**Capítulo 1** apresenta a Revisão de Literatura.

**Capítulo 2** traz o artigo “**PEACH PALM FLOUR (*Bactris gasipae* KUNTH): POTENTIAL APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY**”. Este trabalho foi publicado na revista Food Sci. Technol vol.39 no.3 Campinas July/Sept. 2019 Epub May 27, 2019 . <http://dx.doi.org/10.1590/fst.34617>.

**Capítulo 3** traz o manuscrito “**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE PUPUNHA (*Bactris gasipae* Kunth), EXTRAIDOS POR MÉTODOS DISTINTOS**”. Que será submetida a revista LWT- Food Science and Technology.

**Capítulo 4** traz o manuscrito “**CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DA FARINHA DE PUPUNHA (*Bactris gasipae* Kunth): PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS**”. Que será submetida a revista Food Hydrocolloids.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Produzir e caracterizar farinhas de pupunha de diferentes raças, bem como extrair e caracterizar seus amidos e propor aplicações alimentícias em função propriedades tecnológicas dos mesmos.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Caracterizar os frutos de pupunha em relação as características químicas, físicas, morfológica, para classificá-los quanto a raça, microcarpa, mesocarpa e macrocarpa;
- Produzir farinhas de pupunha das diferentes raças e caracteriza-la quantos aos parâmetros físico químicos e tecnológico;
- Analisar o rendimento de extração do amido dos frutos de pupunha de raças diferentes, usando dois processos distintos;
- Analisar o rendimento de extração do amido da farinha de pupunha;
- Caracterizar os amidos obtidos quanto as características físico químicas, morfológicas, térmicas e tecnológicas;

## **CAPITULO 1**

### **REVISÃO DA LITERATURA**

## 1. BIODIVERSIDADE AMAZÔNICA

A Floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo e ocupa uma região de aproximadamente 6,7 milhões de km<sup>2</sup>. Mais da metade da Floresta Amazônica encontra-se no Brasil, o que abrange uma área de 4,1 milhões de km<sup>2</sup>. Além da floresta tropical úmida, dominante na região, a Amazônia compreende outros tipos de habitat: savanas, florestas de montanha, florestas abertas, florestas de várzea, pântanos, florestas de bambus e de palmeiras. Essa imensa raça de habitat se traduz numa enorme diversidade de flora e fauna encontrada na Amazônia (ARPA, 2010).

Dentre essa diversidade da flora nativa do Brasil, estão as espécies frutíferas que se destacam não só pelo elevado valor econômico, seja no comércio de frutas frescas, na produção de matérias-primas para a agroindústria, mas também por serem importantes fontes de alimento e de sustento para as populações de baixa renda. Frutas como a castanha-do-brasil, o açaí e o cupuaçu, são alguns exemplos de espécies nativas na Amazônia com grande potencial frutífero, que possibilitam a geração de renda, tanto pela comercialização de frutos *in natura*, como pelo desenvolvimento da agroindústria de base familiar na fabricação de diferentes produtos (EMBRAPA, 2010).

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) nativa dos trópicos americanos produz duas culturas alimentares com potencial comercial, o fruto e o palmito de pupunha, os frutos são comestíveis, e estão completamente integrados à dieta alimentar dos amazônidas (2008), este alimento apresenta elevado valor energético, nutricional e grande potencial tecnológico.

## 2. PUPUNHA

Pertencente a família: Palmae (*Arecaceae*), espécie *Bactris gasipaes* Kunth, tem como sinônimos: *Bactris gasipaes* H.B.K., *Guilielmaspeciosa* Martius, *G. utilis* Oersted, *G. gasipaes* (H.B.K.) L.H. Bailey. Fruto conhecido popularmente como: pupunha (Brasil), cachipay (Colômbia), pejibaye (Costa Rica), chontaruro (Equador), pijuayo (Perú), gachipaes (Venezuela), peachpalm, pewanut (Trinidad) (FERREIRA, 2004).

No Brasil esta palmeira é muito conhecida pela produção de palmito de alta qualidade e muito saboroso. O Brasil é o maior produtor e consumidor de palmito do mundo,

perdendo o epíteto de maior exportador, devido à proibição da extração de palmitos selvagens de juçara ou açaí a partir do ano 2000, devido à ameaça de extinção e a entrada de países, como Costa Rica e Equador no mercado, com plantios organizados e menores custos de produção. Em 2007, o Brasil produziu 61.429 t de palmito, exportando em 2008 1.624 t, destinados principalmente aos Estados Unidos e França, o que corresponde a US\$ 7,1 milhões, os frutos de pupunha são amplamente consumidos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil e estão sendo disseminados nas regiões Sul e Sudeste, entretanto, esta disseminação vem ocorrendo para promover a extração de palmito (SANTOS et al., 2011).

Na Amazônia central, o principal período de frutificação entre dezembro e março. Portanto é um fruto sazonal, logo para melhor usufruirmos de seu elevado valor nutricional é necessário pesquisas e inserção de diferentes tecnologias que torne este alimento disponível para ser agregado a dieta da população em geral (SANTOS, CORRÊA-JÚNIOR e NEVES, 2008).

## 2.1. RAÇAS

A pupunha, fruto da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), apresenta-se como alimento para homens e animais, e com potencial industrial. A espécie foi dividida em raças primitivas que são formadas por indivíduos que possuem um conjunto de características morfológicas e funcionais transmitidas por herança, e que foram criadas pelos primeiros povos da Amazônia nos milhares de anos de domesticação pela diversidade genética (ARAUJO, 2010).

Os frutos são classificados em raças, de acordo com o tamanho, em três categorias: microcarpa (fruto < 20 g), mesocarpa (fruto entre 21 e 70 g) e macrocarpa (fruto > 70 g). Esta classificação leva em consideração sua distribuição geográfica, ou seja, predomínio da população macrocarpa, próximo a Cordilheira dos Andes, lado oriental, e da microcarpa, estendendo ao ocidente na foz da Bacia Amazônica (YUYAMA, 2011).

As raças ou tipos de pupunheira são agrupadas segundo a coloração da casca dos frutos (do vermelho intenso ao alaranjado, do amarelo ao rajado e do verde-amarelo ou ainda sem coloração, chamados albinos), como ilustra a Figura 1. Esta variabilidade está relacionada ao tempo de maturação dos frutos (ARAUJO, 2010).



Fonte: Márlia Pires (2018).

FIGURA 1- Frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

## 2.2. VALOR NUTRICIONAL

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira que produz grandes cachos de frutos de sabor agradável e alto valor nutritivo, consumidos somente após o cozimento, pois os frutos e seus derivados, quando crus, possuem uma enzima, que inibe a digestão da proteína, e um ácido, que provoca irritação na mucosa da boca. O fruto quando amadurece, torna-se vermelho, amarelo ou alaranjado; o formato e tamanho são variados; o ápice é mamiforme, arredondado, pontiagudo ou truncado; a base é ondulada, plana, ampla ou arredondada. Os frutos de pupunha constituem um alimento energético, contendo teores de lipídeos, proteína, caroteno (pró-vitamina A), vitamina B, C e ferro. A partir deles, podem ser extraídos o óleo comestível e a farinha (CLEMENTE, 2000).

No estado do Amapá, por meio de um programa governamental de desenvolvimento sustentável, a pupunha foi incluída nos cardápios escolares, devido sua composição nutricional (Tabela 1), os frutos são utilizados no preparo de mingaus ou misturados a pratos salgados, apresentando boa aceitação (BRASIL, 2002).

TABELA 1- Composição nutricional da polpa de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

Constituinte (*)	“In natura”	Cozida
Umidade (g/100g)	46,0 ± 0,42	54,63 ± 0,28
Proteínas (g/100g)	1,30 ± 0,09	1,16 ± 0,07
Lipídios (g/100g)	5,93 ± 0,43	4,52 ± 0,23
Amido (g/100g)	44,32 ± 0,32	35,69 ± 3,20
Açúcares redutores (g/100g)	0,13 ± 0,05	0,39 ± 0,03
Fibras totais (g/100g)	0,76 ± 0,12	0,69 ± 0,20
Cinzas (g/100g)	0,72 ± 0,31	0,50 ± 0,13
Carotenoides Totais mg/100g)	2,46 ± 0,31	4,71 ± 0,40

(\*) Resultados expressos em base úmida.

Fonte: Andrade (2003).

Nos diferentes estudos já realizados com os frutos de pupunha é grande a variação de informações entre os autores, como comentado por Clement (1990). Por exemplo, a frutos de pupunha contém, óleos (8,3-23,0%), proteínas (6,1-9,8%), fibras (2,8- 9,3%), em base seca. Análises da composição protéica do mesocarpo mostraram que todos os aminoácidos essenciais são presentes, embora em níveis mais baixos do que em milho, por exemplo. Arginina (7,3-9,2%) e ácido glutâmico (4,7-6,3%) são os mais abundantes. O mesocarpo é extremamente rico em  $\beta$ -caroteno, embora haja grande variação entre as raças (GARBANZO et al, 2011).

### 2.3. POTENCIAL TECNOLÓGICO DA PUPUNHA

As farinhas são produtos que podem ser aplicados em formulações variadas, com objetivos diferentes, além de promover melhorias na qualidade nutricional do produto elaborado, o que contribui para uma melhor ingestão deste nutriente pela população, atende à demanda constante de parte significativa da população por alimentos saudáveis. Portanto, é importante que estudos sejam conduzidos a fim de garantir a eficácia do uso de farinhas, como a farinha de pupunha, e suas características físico químicas e tecnológicas.

### **2.3.1. Farinha de pupunha**

A farinha da pupunha é obtida da polpa sem casca e caroço. A polpa é rica em amido para permitir o preparo da farinha. A farinha, por apresentar granulometria mais fina em função da moagem e peneiramento, pode ser misturada à farinha de trigo diminuindo a força da massa pela redução do teor de glúten, proteína do trigo, sendo utilizada na obtenção de massas mais leves como de bolos, biscoitos, macarrão, entre outras (BOLANHO, 2013).

Trabalhos como os de Kaefer et al. (2013) recomendam a introdução da pupunha na alimentação infantil para crianças entre 4 e 10 meses, em substituição ao milho, pela riqueza nutricional da pupunha, em energia, proteína, cálcio, fósforo, tiamina, vitamina C e, principalmente, retinol, que é o nutriente mais deficiente na dieta infantil. Estudos realizados por Oliveira (2010) determinaram o percentual de farinha de trigo a ser substituída pela farinha de pupunha, na elaboração de panetones, sendo escolhida a formulação com 25% de farinha de pupunha. O produto elaborado apresentou boa aceitabilidade. A análise microbiológica revelou que o produto se manteve estável pelo período de 90 dias, evidenciando a possibilidade de produzir panetones com a substituição de 25% de farinha de trigo pela farinha de pupunha, agregando valor nutricional ao produto sem rejeição pelo consumidor.

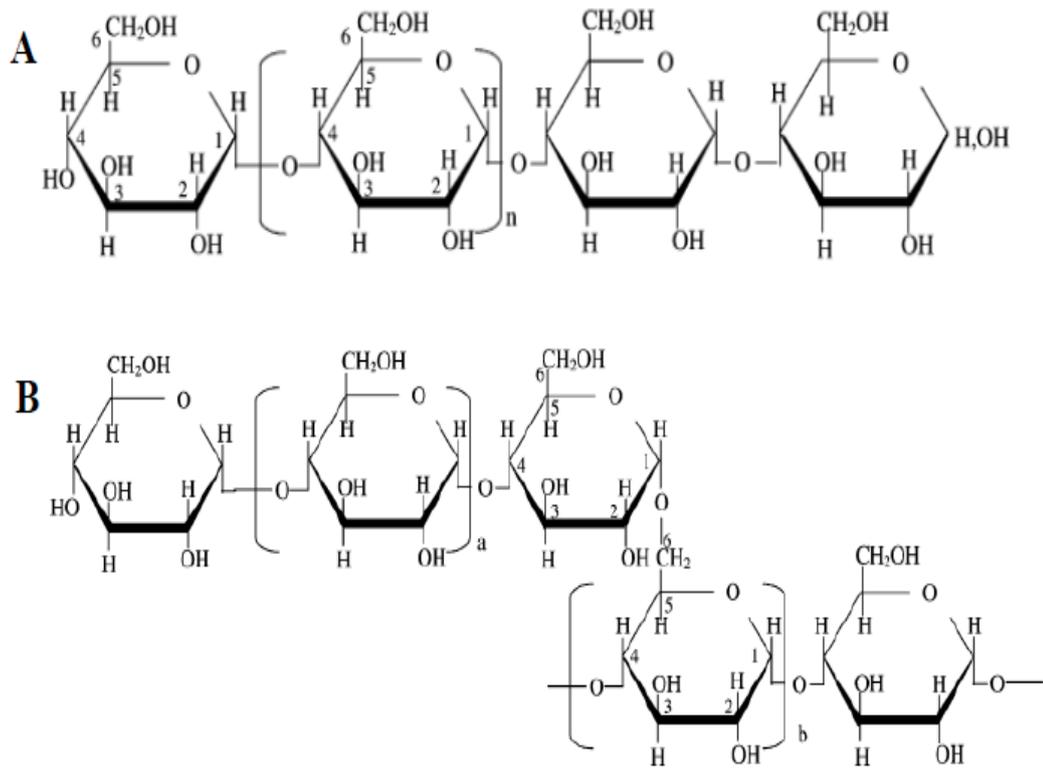
Para aplicação como ingrediente é necessário estudo de propriedades tecnológicas, como a capacidade de absorção de gordura. Altos valores de absorção de gordura são desejáveis para melhorar a sensação dos produtos na boca. Outra propriedade é a capacidade de emulsão, que avalia se a mesma pode ser utilizada como substituto de ingredientes em sistemas de emulsão. Como a capacidade de absorção de água é uma propriedade relevante para aplicações em produtos cárneos, pães e bolos, o estudo desta capacidade em farinhas de pupunha pode ser bastante desejável (PORTE, 2011).

### 2.3.2. Amido

O amido é a principal fonte energética dos vegetais. As fontes mais comuns são cereais e raízes, como o arroz, o milho, o trigo, a batata e a mandioca. Representa, em média 70% a 80% das calorias ingeridas na dieta humana. O amido é insolúvel em água fria e apresenta baixo custo, grande disponibilidade e facilidade de armazenamento e manipulação (LIU, 2005).

O fruto de pupunha apresenta-se como potencial fonte de amido, onde a raça macrocarpa, 'seca', apresenta os maiores valores deste constituinte (BOLANHO, 2014). O amido é principal componente nos frutos da pupunha (SANTOS, CORRÊA-JÚNIOR e NEVES, 2008). É um polissacarídeo, se constitui como fonte de reserva de carboidratos em plantas e de energia essencial para muitos organismos. As mais importantes fontes potenciais de amido são os grãos de cereais (40 a 90% do peso seco), os legumes (30 a 70% do peso seco) e tubérculos (65 a 85% do peso seco) (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Único polissacarídeo produzido em pequenos agregados individuais denominados grânulos, que apresentam tamanhos variáveis, sendo composto pelas macromoléculas amilose e amilopectina (Figura 2). Estas duas macromoléculas, se apresentam na forma de grânulos. O tamanho, a forma e a estrutura desses grânulos variam de acordo com a fonte botânica, com o estágio de desenvolvimento da planta e forma de tuberização. Os diâmetros dos grânulos geralmente variam de 1 a 100  $\mu\text{m}$ , e os formatos podem ser regulares ou irregulares (LIU, 2005).



Fonte: Adaptado de Lajolo e Menezes (2006).

FIGURA 2- A) Estrutura da amilose [polímero linear composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4)]. B) Estrutura da amilopectina [polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em  $\alpha$ -(1-4) e  $\alpha$ -(1-6)].

O amido deve muito de sua funcionalidade a estas duas macromoléculas, assim como à organização física delas dentro da estrutura granular. A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, a qual confere características específicas à pasta de amido (MUDGIL, 2013). Juliano (1993) propôs em estudo realizado com diferentes fontes amiláceas que amidos com amilose acima de 25% fossem considerados de alto valor em amilose; de 20 a 25% intermediários de 12 a 20% baixos e de 5 a 12% de muito baixo teor em amilose. Já os amidos cerosos, com elevado teor de amilopectina, são considerados raros têm aplicações variadas, tanto na indústria de alimentos quanto na têxtil, farmacêutica e de cosméticos (FREITAS et al., 2003).

De acordo com Hizukuri, Abe e Hanashiro (2006), são as áreas cristalinas do amido que mantêm a estrutura do grânulo, controlam seu comportamento na presença de água e a resistência aos ataques enzimáticos ou químicos. Devido apresentar estas diferentes características o amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que

caracterizam grande parte dos produtos processados, uma vez que contribui para diversas propriedades de textura em alimentos, possuindo a capacidade de alterar ou controlar diversas características, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade durante a vida de prateleira em diferentes produtos. Pode também ser usado para ligar ou desintegrar; expandir ou adensar; clarear ou tornar opaco; reter umidade ou inibi-la; produzir textura curta ou fibrosa; textura lisa ou polposa; coberturas leves ou crocantes. Também serve tanto para estabilizar emulsões quanto para formar filmes resistentes ao óleo. O amido ainda pode ser usado como auxiliar em processos, na composição de embalagens e na lubrificação ou equilíbrio do teor de umidade (SILVA, 2008).

Segundo a “Association des Amidonniers et Féculiers”, o consumo de amido e seus derivados no mercado da União Europeia atingiu nove milhões de toneladas em 2012 (AAF, 2014). A produção anual no Brasil é aproximadamente 1,5 milhões de toneladas de amido, sendo que a indústria alimentícia consome 68% desta produção (LEONEL, 2007).

No Brasil dois terços do amido nativo, principalmente o amido de mandioca, são empregados nas indústrias alimentícias. Entre as principais indústrias destacam-se: os frigoríficos, indústrias de biscoitos, macarrão, sobremesas, iogurtes, snacks, panificação, chocolates e bombons, balas e caramelos, conservas, sopas, molhos, entre outros (CEREDA et al., 2001).

### **2.3.3. Extração do amido**

A extração do amido é feita de diversas fontes botânicas, utilizando diferentes métodos, gerando a partir deste processos uma grande variedade de produtos, como é o caso dos amidos nativos, os xaropes de glicose, maltose e frutose, as dextroses (anidra ou monohidratada) e as maltodextrinas (MITIDIER, 2006). Na literatura são descritas várias técnicas distintas de extração do amido, variando desde uma simples extração com água, até a utilização de diferentes reagentes químicos, como hidróxido de sódio, ácido ascórbico ,etc. (ARAUJO-FARRO et al., 2010),

A legislação brasileira, em portaria do Ministério da Saúde, determina que a denominação amido seja referente ao polissacarídeo de reserva de partes vegetais. A farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer

previamente processos tecnológicos adequados, portanto pode ser usado como matéria prima de extração do amido (BRASIL, 2002).

A qualidade da extração do amido é avaliada em função de seu conteúdo de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Os grânulos de amido apresentam geralmente entre 0,5 a 2% de constituintes que não são carboidratos, incluindo 0,05% (p/p) de proteínas, 0,1 a 1,7% (p/p) de lipídeos e 0,1 a 0,3% (p/p) de cinzas. Apesar de estarem presentes em menor percentual, estes constituintes podem ter influência marcante nas propriedades do amido (LIU, 2005). Quanto menor o conteúdo destes componentes, melhor é qualidade do amido extraído (NUNES et al., 2009). A quantidade destas impurezas depende da composição da planta e da eficiência do método de extração e purificação utilizado.

Considerando extrair o máximo possível do amido desejável no processo de extração, determinar o rendimento de extração do amido se torna um atributo. Portanto, a informação sobre a composição de amido na fonte escolhida, é um diferencial para se atender parâmetro de qualidade do amido (VILLADIEGO et al., 2005).

Já existem trabalhos que avaliam outras fontes de amidos não convencionais, como por exemplo: kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) e amaranto (*Amaranthus caudatus*) (JACOBSEN et al, 2003), mandiocinha-salsa (MATSUGUMA, 2006), inhame (PERONI et al.; 2006), aveia e quinoa (*Chenopodium quinoa*) (ARAUJO-FARRO et al., 2010), dentre outros. As possibilidades de fomentar a utilização destes amidos diversos setores industriais dependem principalmente do conhecimento dos suas principais propriedades funcionais.

#### **2.3.4. Características funcionais do amido**

De grande importância também é a proporção entre amilose e amilopectina podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferenciadas, o que define a sua utilização em alimentos e outras aplicações industriais.

O amido é praticamente insolúvel em água fria, devido às fortes ligações de hidrogênio que mantêm os constituintes do amido. No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente em um fenômeno denominado gelatinização, em que ocorre perda da organização estrutural (perda da birrefringência), com fusão dos cristais (PENG et al. 2007).

À medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a lixiviação da amilose da fase inter granular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema. O conjunto de mudanças que envolve a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido é definido como gelatinização (TAKIZAWA, 2004). A gelatinização geralmente ocorre em uma ampla faixa de temperatura, característica para cada fonte de amido (SINGH et al., 2003).

As moléculas de amilose e amilopectina podem reassociar-se e formar estruturas unidas intensamente, altamente estabilizadas pelas ligações de hidrogênio, o que favorece a formação de estruturas mais ordenadas, a esta reorganização chama-se retrogradação. O amido retrogradado é insolúvel em água fria e torna-se mais resistente ao ataque enzimático. Em função da estrutura linear, as moléculas de amilose se aproximam mais facilmente e são as principais responsáveis pela ocorrência do fenômeno, enquanto na amilopectina ele parece ocorrer somente na extremidade das moléculas (KOKSEL et al., 2008).

A retrogradação do amido é um fenômeno que deve ser minimizado por se tratar da reconstrução de uma estrutura mais rígida, devido às cadeias de amilose ficarem mais disponíveis para se rearranjarem durante o armazenamento do produto alimentício, resultando em maior perda de água do sistema e endurecimento do produto final, além das mudanças na claridade da pasta, amidos cerosos tem baixa tendência a retrogradação (JAILLAIS et al., 2006).

Nas aplicações do amido no processamento de alimentos é comum que seja suspenso em água e submetido ao aquecimento. Dependendo da severidade das condições do tratamento térmico (tempo, temperatura, pressão e cisalhamento), teor de umidade e presença de outros constituintes, a fase de separação da amilose e da amilopectina pode iniciar ainda durante o processamento, resultando em um composto heterogêneo (DAIUTO, 2005). As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos (SILVA et al., 2008).

O amido nativo embora muito utilizado na indústria de alimentos demonstra limitações em resistência (física e química), devido características intrínsecas e condições de processo utilizadas, por isso, modificações químicas são frequentemente realizadas nos amidos nativos para alterar propriedades naturais a fim de que eles possam ser utilizados em aplicações alimentícias ou industriais. Essas modificações usualmente envolvem oxidação, esterificação, eterificação, cloração, piroconversão e a introdução de ligações cruzadas (BATISTA et al., 2010).

A valorização das características funcionais dos amidos nativos atende a uma crescente demanda da sociedade por produtos naturais e por processamentos que cause o mínimo impacto ambiental, o que predispõe o mercado a preferir amidos com características naturalmente atrativas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAF. Association des Amidonniers et Féculiers. 2014; Available from: <http://www.aac-eu.org/index.html>, Acessado em 10/02/2018.

ALMEIDA, C. A.; GOLVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 6, n. 1, 1º sem., 2006.

ANDRADE, J.S.; PANTOJA, L.; MAEDA, R.N.; Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. vol.23 suppl.0 Campinas Dec. 2003.

AOAC, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Washington, 2002.

ARAUJO-FARRO, P. C. A.; PODADERA, G.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) starch. *Carbohydrate Polymers, Baking*, v. 81, n. 4, p. 839-848, 2010.

ARPA, Ministério do Meio Ambiente. Programa Áreas protegidas da Amazônia – Fase II (Documento de Programa do Governo Brasileiro). Brasília, DF, 2010.

BATISTA, W.P.; SILVA, C.E.M.; LIBERATO, M.C. Propriedades químicas e de pasta dos amidos de trigo e milho fosforilados **Ciênc. Tecnol. Aliment** v.30, n.1, 88-93, 2010.

BOLANHO, B. C., DANESI, E. D. G., & BELÉIA, A. P. 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, 2014.

BOLANHO, B. C., DANESI, E. D. G., & BELÉIA, A. P. Peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) characterization and the potential of by-products flour processing. *Food Science and Technology Research*, 19(6), 1061–1069, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Alimentos Regionais Brasileiros, p: 30-31, 2002.

CLEMENT, C.R.; MORA URPI, J. Phenotypic variation of peach palm observed in the Amazon basin. In: Clement, C.R.; Coradin, L. (eds.). Final report (revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germplasm bank. U.S. Agency for International Development (grant number DAN-5542-G-SS-2093-00), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Centro Nacional de Recursos Genéticos/Embrapa, Manaus, AM. 1988 pp. 2005, 20-54.

CLEMENT, R.C. Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). Jaboticabal: Editora Funep, 2000. 48p. (Frutas Nativas, 8).

CRISTO-ARAÚJO, M.; RODRIGUES, D.P.; ASTOLFI-FILHO, S.; CLEMENT, C.R. Genetic variability in the peach palm genebank with RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v.10, p.210-217, 2010.

DAIUTO, E.R. Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistências dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos.

2005, 146p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Biodiversidade, Agrobiodiversidade e Agroecologia, Brasília, DF, 2010. [http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/biodiversidade\\_agrobiodiversidade\\_e\\_agroecologia.pdf](http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/biodiversidade_agrobiodiversidade_e_agroecologia.pdf), acessado em 20/06/2016.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de Alimentos. Ed. Atheneu, 1994.

FERREIRA, S. A. N., Informativo técnico redes de sementes amazônicas: Pupunha (*Bactris gasipae* KUNT). Versão impressa ISSN 1679-6500 Versão on-line ISSN 1679-8058, INPA, Manaus- AM, 2004.

FILHO, K, A.N.; A.N.; CLEMENT, C.R.; RESENDE, M.D.V.; FARIAS NETO, J.T. de; BERGO, C.L.; YOKOMIZO, G.K.; KAMINSKI, P.E.; YUYAMA, K.; MODOLO, V.A. Programa de melhoramento genético de pupunha na Embrapa, IAC e Inpa. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.

FREITAS R. A.; PAULA, R. C.; FEITOSA, J. P. A.; ROCHA, S.; SIERAKOWSKI M.R. A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylase and waxy corn starches. Carbohydrate polymers, v. 51, p. 25-32, 2003.

GALDEANO, M.C.; GROSSMANN, MALI. S.; BELLO-PEREZ, L.A.. Propriedades físico químicas do amido de aveia da raça brasileira IAC 7. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29, n.4, p. 905-910, out.- dez. 2009.

GARBANZO, C. R; PÉREZ, A. M.; CARMONA, J. B.; Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipae* H.B.K.) flour, Journal of Food Research International, São José, Costa Rica, 2011.

HIZUKURI, S., ABE, J., e HANASHIRO, I. (2006). Starch: analytical aspects. In A.-

JACOBSEN, S., MUJICA, A. E ORTIZ, R. La Importancia de los Cultivos Andinos. Fermentum Mérida, v. 13, n. 36, p. 14-24, 2003.

JAILLAIS, B.; OTTENHOF, M. A.; FARHAT, I. A.; RUTLEDGE, D. N. Outer-product vanalysis (OPA) using PLS regression to study the retrogradation of starch, Vibrational Spectroscopy, v. 40, n. 1, p. 10-19, 2006.

JULIANO, B.O. Grain structure, composition and consumers' criteria for quality. In: JULIANO, B. O. Rice in human nutrition. Rome: FAO, 1993. 162 p. cap. 3.

KAEFER, S.; FOGAÇA, A.O.; STORCK, C.R.; KIRSTEN, V.R. Bolo com farinha de pupunha. Alim. Nutr. = Braz. J. Food Nutr., Araraquara, v.24, n.3, p. 347-352, jul./set. 2013.

KOKSEL, H.; MASETCIOGLU, T.; KAHRAMAN, K.; OZTURK, S.; BASMAN, A. Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment Journal of Cereal Science, v.47, p. 275-282, 2008.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em Alimentos Regionais Iberoamericanos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LEONEL, M., Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2007. 27: p. 579-588.

LIU, Q. Starch Modifications and Applications. In: CUI, S. W (Ed.). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*, CRC Press, 2005. cap. 8, p. 357-406.

MATSUGUMA, L. S. Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação. Ponta Grossa, 112 p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2006.

MITIDIARI, S., et al., Enzymatic detergent formulation containing amylase from *Aspergillus niger*: a comparative study with commercial detergent formulations. *Bioresource Technology*, 2006. 10: p. 1217-1224.

MUDGIL, D., & BARAK, S.. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6, 2013.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semi-árido baiano. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 20, n.1, p. 129-134, 2009.

OLIVEIRA, A. M.M.M.; MARINHO, H. A.; Desenvolvimento de panetone à base de Farinha de pupunha (*bactris gasipaes* kunth). *Alimentos e Nutrição*., Araraquara v. 21, n. 4, p. 595-605, out./dez. 2010.

PENG, L.; ZHONGDONG, L.; KENNEDY, J.F. The study of starch nano-unit chains in the gelatinization process. *Carbohydrate Polymers*, v.68, p. 360 - 366, 2007.

PORTE, A.; SILVA, E.F.; ALMEIDA, V. D. S.; Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*caricapapaya*) e de abóbora (*cucurbita sp*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 2011 ,91 ISSN 1517-8595.

REDDY.N.S.MIMMAGADD, A;RAO, K.R.S.S. An overvtew of the microbial  $\alpha$ -amilase fomity. *Afr. Journal Biotechnol.* v.2.n12, P645-648, 2003.

SANTOS, A.F. dos; NEVES, D.J.M.; KALIL FILHO, A.N.; PENTEADO JUNIOR, J. Uso da pupunheira na agricultura familiar. *Cultivar*, Pelotas, 2011. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=897>> Acessado em 15/02/2016.

SILVA, R.M.; FERREIRA, G.F.; SHIRAI, M.A.; HAAS, A.; SCHERER M. L.; FRANCO, C.M.L.; DEMIATE, I.M.. Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 66-77, 2008.

SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, v.81, n.219-231, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/> em 02/07/2012.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processing of Brazil nut and meal and cassava flour: quality parameters. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, vol.24, no.1, p.120-128. Jan./Mar, 2004.

TAKIZAWA, F. F. et al. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 921-931, 2004.

TECALIM, <http://tecalim.vilabol.uol.com.br> 2010 , Acessado em 03/02/2016.

VILLADIEGO, Alba Manuela Durango, et al. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, 52(300): 221-244, 2005.

YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; CLEMENT, C.R.; MACEDO, S.H.M. et al., (2003). Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia. *Internat. Journ. Of Food Scienc. And Nutrition*, UK, Brazil , v. 54, p. 49-56.

## **CAPITULO 2**

### **PEACH PALM FLOUR (*Bactris gasipae* KUNTH): POTENTIAL APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY.**

**Topic Relevance:** This manuscript is relevant for industry, especially bakery industry, produced flours are a gluten-free product with high nutritional value, with potential use in the formulation of different products, with high yield and quality for industrial scale production.

## **PEACH PALM FLOUR (*Bactris gasipae* KUNTH): POTENTIAL APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY**

### **PEACH PALM FLOUR POTENTIAL APPLICATION**

**ABSTRACT:** Peach palm flours prepared from the landraces microcarpa (MIF), mesocarpa (MEF), and macrocarpa (MAF) were assessed for their functional and morphological characteristics. The flours had moisture contents in accordance with the current legislation, considerable lipid ( $\geq 3.95\%$ ) and carbohydrate ( $\geq 66.68\%$ ) contents, and potential as an energy source ( $\geq 300$  kcal/100 g). MEF and MAF can be considered rich in dietary fibers since their fiber contents were above 6 g/100 g, which contributes to the nutritional enrichment of products prepared with those flours. The assessment of the technological properties, WAC ( $\geq 255\%$ ) and OAC ( $\geq 65\%$ ) showed the peach palm flours can be used as raw material in different products such as breads, cakes, meat products, and breaded foods, thus adding energy, nutritional, and economic value. It is worth pointing out that peach palm is gluten free, hence it is an option for the development of new products targeted at consumers with celiac disease.

**Practice Application:** use in the formulation of different products gluten-free.

**Keywords:** flour, technological properties, peach palm, *Bactris gasipae* KUNTH.

## 1. Introduction

The broad biodiversity of the Brazilian Amazon comprehends about 220 species of edible fruits, which represents around 4% of the diversity of fruits native to Brazil (NEVES et al., 2012). Valuing the typical fruits of the Amazon region and learning new information on those food sources drives the sustainable development of regional raw materials (HIANE et al., 2003) both in the Brazilian Amazon and in neighbor countries featuring this biome.

Among Amazonian cultures, peach palm tree (*Bactris gasipaes* Kunth) stands out with the production of peach palm fruit and heart of palm. The fruit is edible with pleasant flavor and has high nutritional and energy values while carrying lipids, proteins, carotenoids (pro-vitamin A), vitamins B and C, selenium, and iron (SANTOS; CORRÊA-JÚNIOR; NEVES, 2008). Peach palm fruit varieties are differentiated according to the fruits' skin color, lipid content, and presence or absence of seeds. However, peach palm trees can be classified into microcarpa, mesocarpa, and macrocarpa landraces based on pulp thickness (YUYAMA, 2011). The different compositions of those fruits enable the obtention of different food products such as peach palm oil and flour.

Peach palm flour is obtained from the pulp fruit (FERREIRA; PENA, 2003). (FERREIRA; PENA, 2003). This flour is rich in starch and can be used to prepare lighter products such as cakes, biscuits and pasta. This flour is a way of diversifying the demand for peach palm and enables its year-round consumption since it's a seasonal fruit. Given it is gluten free (CLEMENT; MORA URPI, 2005), the flour can be used to prepare products for population groups with restricted diets, such as persons with celiac disease.

The use of peach palm flour as an ingredient for the formulation of different products requires studies on its technological properties such as fat absorption capacity, desirable

to improve palatability; emulsifying capacity so it can replace ingredients in emulsion systems; and water absorption capacity, a relevant property for application in meat products, breads, and cakes (PORTE et al., 2011).

Recommending peach palm flours produced from fruits of different landraces requires preliminary studies on their nutritional, morphological, and technological characteristics. Aiming to value the typical fruits of the Amazon region so as to meet the current market demand for innovative and healthful products, the present study assessed the physicochemical and morphological characteristics and the technological properties of peach palm flours produced from the microcarpa, mesocarpa, and macrocarpa landraces. That allows alternatives to be proposed for the industrial application of those flours in the development of several gluten-free products.

## **2. Material and methods**

### **Raw material**

The peach palm fruits were purchased in street markets in the city of Belém, PA, (01° 27' 21" S, 48° 30' 16" W), in the North region of Brazil, in 5 kg batches collected between March and June, which corresponds to the harvest period of the fruits and to the replicates needed for the experimental design. The fruits were then transported to the laboratories of UFPA's Graduate Program in Food Science and Technology (PPGCTA) and classified regarding the landraces based on their physical characteristics according to YUYAMA (2011).

### **Flour preparation**

After the physical characterization, the fruits were separated into batches according to their landrace, hygienized with a 100 ppm sodium hypochlorite solution, peeled, and cut

into four parts with seed separation. The fruits were dried in a fixed-bed dryer with forced air circulation at 55 °C for 42 h. After drying, the samples were ground in a hammer mill, vacuum packaged in polyethylene bags, and stored at room temperature until the moment of analysis. The peach palm flour batches were coded as MIF (microcarpa peach palm flour), MEF (mesocarpa peach palm flour), and MAF (macrocarpa peach palm flour).

### **Physicochemical characterization of the peach palm fruits and flours**

The analyses of moisture, lipids, ashes, proteins, fibers, water activity ( $a_w$ ), pH, and acidity of the fruits and flours were performed according to the AOAC (2002). The caloric value was calculated based on the centesimal composition using Atwater coefficients (WATT; MERRILL, 1963). Color was analyzed by a Minolta CR400 colorimeter using the CIE system to assess the chromaticity coordinates  $L^*$  for luminosity,  $a^*$  for red color intensity, and  $b^*$  for yellow color intensity.

### **Morphological characterization**

The samples were metallized with platinum for scanning electron microscopy (SEM) evaluation using a ZEISS LEO-1430 electron microscope. The analysis conditions for the secondary electron imaging were working distance of 15 mm and constant acceleration voltage.

### **Paste properties**

The viscoamylographic behavior of the peach palm flours was measured in an RVA 4500 Rapid Visco Analyser (RVA – PERTEN, Australia) using samples with known moisture contents. 3.5 g of peach palm flour were weighed, whose operational parameters were initial temperature of 50 °C under stirring at 960 rpm for 10 s for sample

homogenization followed by stirring at 160 rpm at 50 °C, heating at 95 °C, and cooling at 50 °C according to AACC methodology no. 76-21 (AACC, 2000).

### **Technological properties**

The technological properties assessed for the peach palm flours were oil absorption capacity (OAC) determined according to Linet et al. (1974); water absorption capacity (WAC) calculated according to Sosulski (1962); and emulsifying activity and stability (EA and EE) determined according to the method by Dench et al. (1981).

### **Infrared absorption spectroscopy analyses**

The flour samples were analyzed in a MICROLAB FTIR 630 infrared absorption spectrophotometer using the software Agilent MicroLab in absorbance mode using eight scans and 16 cm<sup>-1</sup> resolution (SMITH, 1979).

### **Statistical analysis**

All analyses were carried out in triplicate and the data were expressed as arithmetic means and standard deviation (SD). The data underwent analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at 5% significance level.

## **3. Results and discussions**

The fruits' landrace classification was performed through biometry. The mean values found for the different peach palm landraces were: microcarpa - length (cm) 3.24±0.20, diameter (cm) 2.13±0.15, and weight (g) 8.24±1.34; mesocarpa - length (cm) 4.40±0.22, diameter (cm) 3.61±0.17, and weight (g) 35.37±4.43; and macrocarpa - length (cm) 5.80±0.33, diameter (cm) 4.47±0.20, and weight (g) 70.67±1.93. Landrace classification was based on information reported by Yuyama (2011), i.e., microcarpa (fruit < 20 g),

mesocarpa (fruit 21-70 g), and macrocarpa (fruit > 70 g). The physical variations can be justified by several factors such as genetics, number of fruits per plant, and competition among developing organs (SENA, 2009). After landrace classification, the fruits were characterized regarding their centesimal composition (Table 1).

**Table 1-** Centesimal composition of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits of different landraces

COMPONENTS	MIP	MEP	MAP
Moisture (g.100 g <sup>-1</sup> )	62.43±0.12 <sup>b</sup>	63.96±0.50 <sup>a</sup>	47.98±0.14 <sup>c</sup>
Lipids (g.100 g <sup>-1</sup> )	6.88±0.03 <sup>a</sup>	2.62±0.08 <sup>c</sup>	4.42±0.07 <sup>b</sup>
Ashes (g.100 g <sup>-1</sup> )	2.74±0.06 <sup>a</sup>	2.22±0.07 <sup>b</sup>	0.80±0.00 <sup>c</sup>
Proteins (g.100 g <sup>-1</sup> )	3.90±0.01 <sup>a</sup>	2.00±0.07 <sup>c</sup>	2.64±0.04 <sup>b</sup>
Carbohydrates (g.100 g <sup>-1</sup> )	24.05±0.04 <sup>c</sup>	29.20±0.54 <sup>b</sup>	44.16±0.09 <sup>a</sup>
a <sub>w</sub>	0.98±0.00 <sup>a</sup>	0.99±0.00 <sup>a</sup>	0.99±0.00 <sup>a</sup>
pH	6.09±0.19 <sup>b</sup>	6.30±0.04 <sup>a</sup>	6.16±0.04 <sup>b</sup>
Titrateable acidity (mL.100 g <sup>-1</sup> )	2.36±0.15 <sup>a</sup>	2.14±0.06 <sup>a</sup>	1.21±0.96 <sup>b</sup>
Caloric value (kcal.100 g <sup>-1</sup> )	173.76±0.5 <sup>b</sup>	148.40±1.8 <sup>c</sup>	227.01±0.35 <sup>a</sup>

Components in wet basis; mean values of three replicates with their standard deviations; different letters among the columns indicate difference at 95% significance.

MIP – microcarpa peach palm; MEP – mesocarpa peach palm; MAP – macrocarpa peach palm

It can be seen that the fruits of different landraces have high nutritional value and significant differences among their compositions. Macrocarpa fruits had the lowest moisture values (47.98±0.14g.100 g<sup>-1</sup>), which contributes to those fruits being little consumed as they are considered dry (YUYAMA, 2011).

Microcarpa fruits had the highest lipid contents ( $6.88 \pm 0.03 \text{ g.100 g}^{-1}$ ), which, according to Porte et al. (2011), is desirable to improve the palatability of foods, thus justifying the preference of Amazonian consumers for this landrace.

According to Ferreira and Pena (2003), starch-rich peach palm fruits can be used to produce flours, which is the case of macrocarpa with its high carbohydrate content and low moisture compared to the other landraces.

pH values remained in the neutral range and are close to those of fruits of Amazonian palm trees such as maripa palm ( $6.35 \pm 0.2$ ), tucuman ( $6.12 \pm 0$ ), and peach palm ( $6.15 \pm 0.3$ ) (Santos et al., 2017).

The Brazilian and international food-quality regulatory agencies have set no standards for peach palm flour. Thus, the standards of other flours established by CNNPA Resolution no. 12 of ANVISA (BRASIL, 1978), which regulates quality parameters for wheat flour, were used as reference. All flours prepared are in accordance with the requirements of the legislation concerning moisture and  $a_w$  (Table 2).

**Table 2** - Peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) flour composition

Components	MIF	MEF	MAF
Moisture ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$12.21 \pm 0.41^a$	$12.58 \pm 0.51^a$	$9.60 \pm 0.17^b$
Lipids ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$7.40 \pm 0.20^a$	$4.73 \pm 0.04^b$	$3.95 \pm 0.13^c$
Ashes ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$2.61 \pm 0.08^a$	$1.85 \pm 0.01^b$	$1.22 \pm 0.03^c$
Proteins ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$4.62 \pm 0.03^a$	$3.20 \pm 0.02^b$	$2.46 \pm 0.02^c$
Carbohydrates ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$67.32 \pm 0.4^b$	$66.68 \pm 0.92^b$	$75.02 \pm 0.23^a$
Total fibers ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$5.47 \pm 0.70^c$	$10.82 \pm 0.43^a$	$7.67 \pm 0.18^b$

Insoluble fibers (g.100 g <sup>-1</sup> )	5.03±0.40 <sup>c</sup>	10.04±0.32 <sup>a</sup>	7.23±0.41 <sup>b</sup>
Soluble fibers (g.100 g <sup>-1</sup> )	0.44±0.29 <sup>a</sup>	0.78±0.72 <sup>a</sup>	0.04±0.27 <sup>a</sup>
a <sub>w</sub>	0.62±0.00 <sup>a</sup>	0.61±0.00 <sup>a</sup>	0.47±0.03 <sup>b</sup>
pH	5.46±0.02 <sup>c</sup>	5.78±0.00 <sup>b</sup>	5.92±0.03 <sup>a</sup>
Titratable acidity (mL.100 g <sup>-1</sup> )	6.30±0.96 <sup>a</sup>	6.60±0.033 <sup>a</sup>	3.46±0.10 <sup>b</sup>
L*	72.93±0.55 <sup>c</sup>	79.18±0.37 <sup>b</sup>	81.61±0.13 <sup>a</sup>
a*	13.60±0.05 <sup>a</sup>	0.32±0.17 <sup>b</sup>	-1.12±0.10 <sup>c</sup>
b*	66.74±0.40 <sup>a</sup>	42.84±0.60 <sup>b</sup>	27.59±0.40 <sup>c</sup>
Caloric value (kcal.100 g <sup>-1</sup> )	300.07±2.46 <sup>a</sup>	326.67±2.01 <sup>a</sup>	321.28±1.64 <sup>a</sup>

Mean values of three replicates with their standard deviations. Different letters among the columns represent a difference at 95% significance. In dry basis. MIF – microcarpa peach palm flour; MEF – mesocarpa peach palm flour; MAF – macrocarpa peach palm flour.

The analyses showed that MIF had significantly higher lipid values (7.40±0.20 g.100 g<sup>-1</sup>) compared to MEF (4.73±0.04 g.100 g<sup>-1</sup>) and MAF (3.95±0.13 g.100 g<sup>-1</sup>). MAF had the highest carbohydrate content (75.02±0.23 g.100 g<sup>-1</sup>) compared to MIF (67.32±0.4 g.100 g<sup>-1</sup>) and MEF (66.68±0.92 g.100 g<sup>-1</sup>). According to Santos (2011), the different peach palm landraces have different chemical compositions. On average, microcarpa has higher lipid content, a characteristic that is appreciated by consumers, whereas macrocarpa has higher carbohydrate content, which justifies it being known as a “dry” peach palm (BOLANHO, 2014).

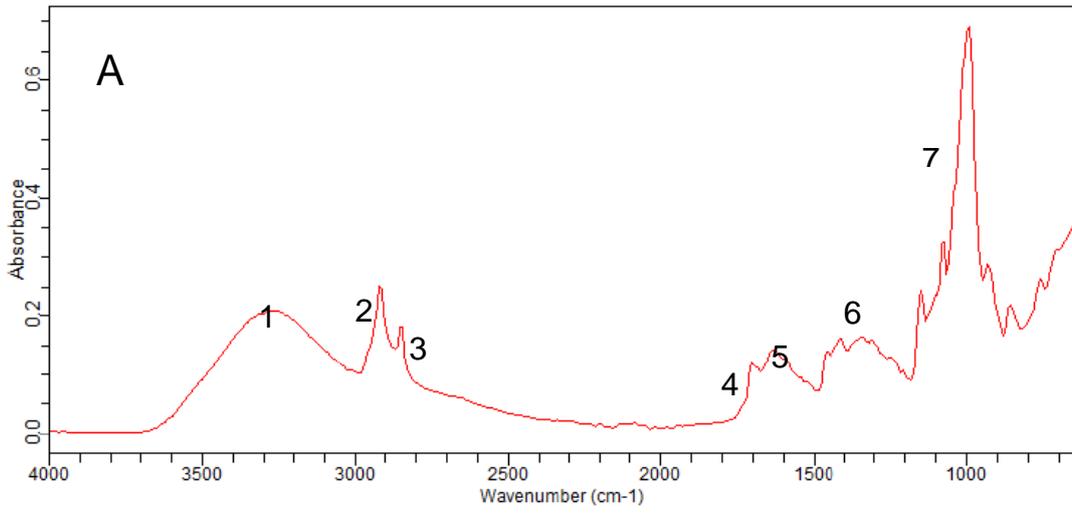
In Brazil, according to Resolution no. 52 of 2012, which regulates complementary nutritional information, a solid food can be considered a source of dietary fibers when the finished product contains 3 g/100 g fibers and, when a food has a value twice as high, it is considered as having high dietary fiber content. Therefore, MIF can be considered a

source of dietary fibers while MEF and MAF can be considered rich in fibers. The peach palm flours had total dietary fiber contents close to that of whole wheat flour (10.7 g.100 g<sup>-1</sup>) (CHAUDHARY; WEBER, 1990). It is noteworthy that, in the case of peach palm flours, the highest fiber concentration corresponds to the insoluble fraction, which remains intact along the entire human digestive tract. The growing consumer demand for fiber-rich foods has led many manufacturers to incorporate more fibers into their products, thus showing that peach palm flour may be used as a raw material in the development of new products (BUTTRISS; STOKES, 2008).

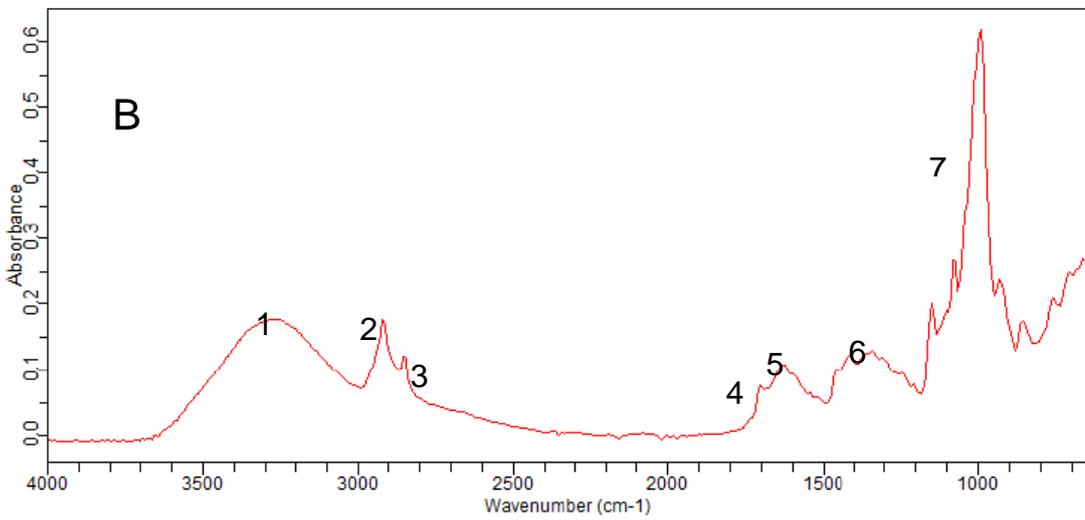
Peach palm flours can be considered excellent sources of calories since their caloric values are close to those of conventional flours such as whole wheat and defatted soybean of 339 and 329 kcal.100 g<sup>-1</sup>, respectively (Nutrient Database for Standard Reference - USDA, 2002).

Statistical differences in color were observed among the peach palm flours produced. MIF had more yellow color (66.74±0.40) compared to MEF (42.84±0.60) and MAF (27.59±0.40). Carotenoid content may justify such colors (RIBEIRO; SERAVALHI, 2004), which is an important attribute for those flours since, in general, conventional flours do not have carotenoids.

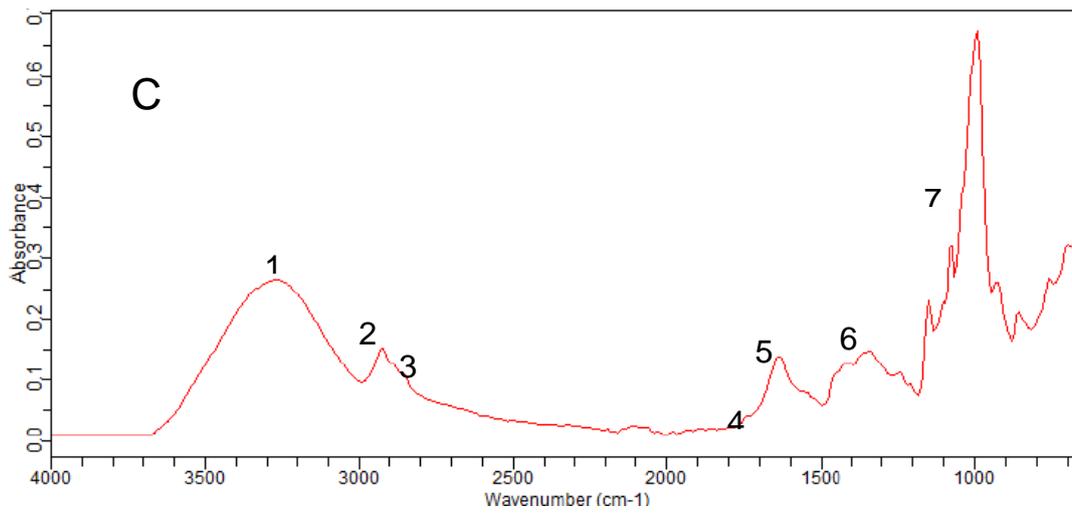
The FTIR spectra found for the peach palm flours are similar to those of corn and wheat flours (CREMER; KALETUNÇ, 2003). Figure 1 (a, b, c) presents the spectra for peach palm flour samples.



**MIF**



**MEF**



**MAF**

MIP – microcarpa peach palm; MEP – mesocarpa peach palm; MAP – macrocarpa peach palm

**Figure 1:** Absorption spectra in the infrared region of peach palm flours.

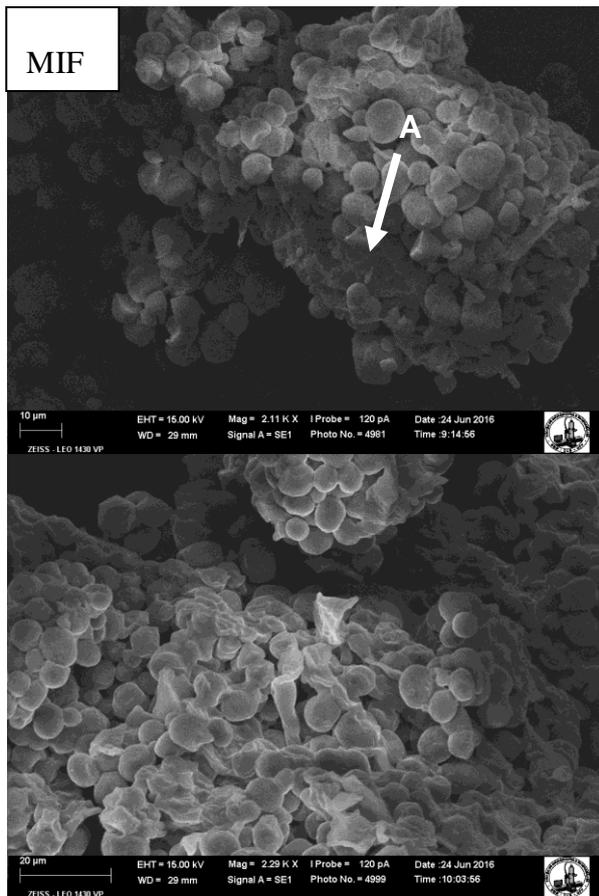
The spectra have a broad peak in the OH elongation region in the neighborhood of  $3,450\text{ cm}^{-1}$  (point 1 in Figure 1- a, b, and c). The high lipid content of the samples (MEF and MIF) results in a more pronounced CH elongation region, in which the main peak is at  $2,900\text{ cm}^{-1}$  (point 2), which is characteristic of  $\text{CH}_2$ . The MIF and MEF samples are followed by a second, smaller peak and more marked at  $2,850\text{ cm}^{-1}$  ( $\text{CH}_2$ , symmetric), point 3, which is not apparent in the spectrum of MAF due to the lower lipid content in this sample compared to the other flours. The difference in lipid content is evidenced by the elongation of the carbonyl ester band at  $1,740\text{ cm}^{-1}$ , appearing at point 4, found only for the MIF and MEF samples.

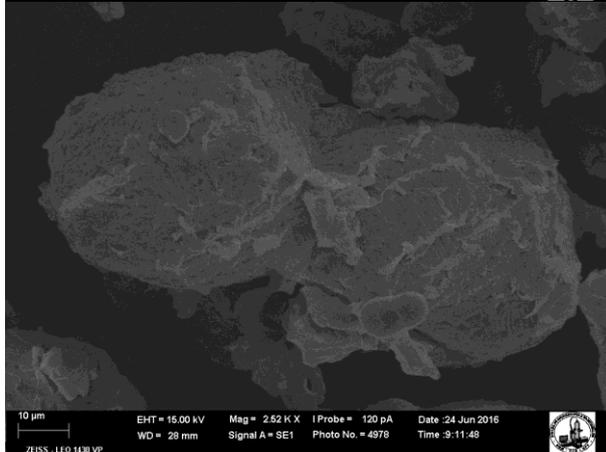
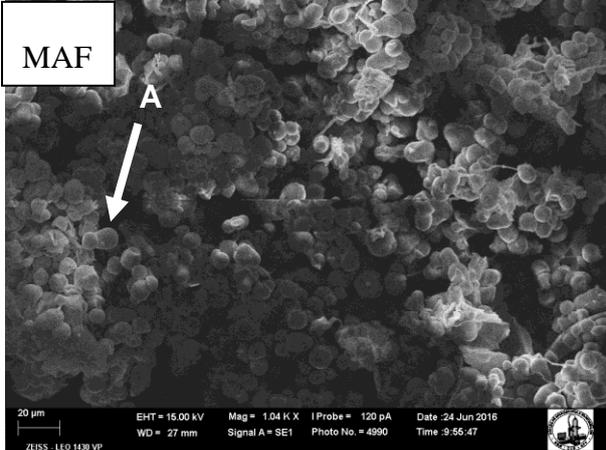
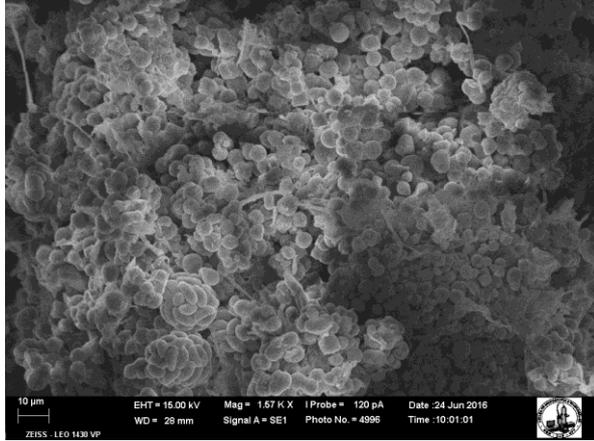
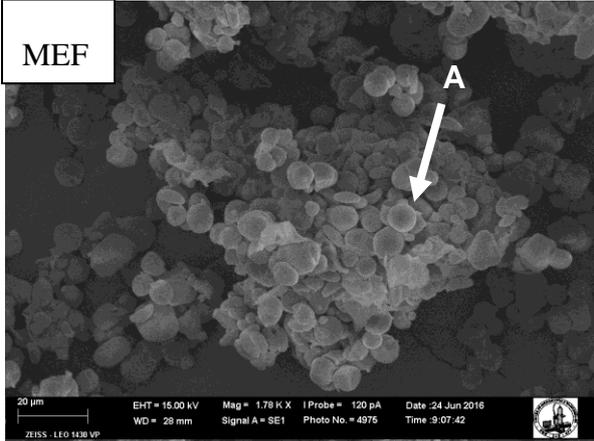
The first band that characterizes the proteins is found in spectrum point 5. This band represents the amide I band ( $\text{C}=\text{O}$  primary elongation vibration) and peaks at  $1,650\text{ cm}^{-1}$ . According to Cooper and Knutson (1995), it is well established that the H-O-H flexion vibrations of water show strong absorbance close to  $1,640\text{ cm}^{-1}$ , around which the amide I band absorbs. In addition, a weak C-O-H deformation of the starch glucose ring contributes at  $1,650\text{ cm}^{-1}$ . The amide II band is represented by point 6 largely because of the NH flexion vibration observed at  $1,490\text{ cm}^{-1}$ .

The fingerprint region at  $1,300\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ , close to point 7, possibly features carbohydrates. All peach palm flours exhibited strong characteristic peaks at  $1,190$ ,  $1,100$ , and  $1,050\text{ cm}^{-1}$ , related to C-C-O, C-C, and O-C-O deformations, characteristics of starch.

The results found in this analysis match those obtained in the physicochemical characterization.

The micrographs presented in Figure 2 enable assessing the morphology of peach palm flour particles and show the starch structure (A) with rounded characteristics, slightly flattened in one of its ends, non-homogeneous sizes, and structures similar to dietary fibers (B). It is clearly seen that no starch granule gelling occurred during drying, which is relevant when the drying method used is related to the quality of the product obtained.





MIP – microcarpa peach palm; MEP – mesocarpa peach palm; MAP – macrocarpa peach palm

**Figure 2:** Scanning electron microscopy of the peach palm flours MIF, MEF, and MAF.

Table 3 presents the viscosity profiles of the flours studied. Maximum and minimum viscosity, breakdown, and downgrading are significantly lower in MEF, which can be justified by the high insoluble fibers content in this landrace. According to Sena et al. (2009), insoluble fibers have low water solubility, high water absorption capacity, and high liquid retention, which may have impacted the paste formation of peach palm flour prepared from the mesocarpa landrace.

**Table 3-** Paste properties of peach palm flours obtained in a Rapid Visco Analyser (RVA).

	Tp	VM 95 °C	VF 50 °C	Breakdown	Downgrading	tp
Flours	(°C)	(cp)	(cp)	(cp)	(cp)	(min)
MIF	94.70±0.25 <sup>a</sup>	315.00±4.00 <sup>b</sup>	313.5±5.50 <sup>b</sup>	37.50±1.00 <sup>b</sup>	36.33±0.50 <sup>b</sup>	12.78±0.09 <sup>a</sup>
MEF	94.90±2.00 <sup>a</sup>	102.96±2.00 <sup>c</sup>	97.33±1.50 <sup>c</sup>	26.63±2.1 <sup>c</sup>	21.00±1.00 <sup>c</sup>	11.20±2.00 <sup>a</sup>
MAF	94.92±0.02 <sup>a</sup>	454.00±2.00 <sup>a</sup>	454.00±2.00 <sup>a</sup>	127±0.00 <sup>a</sup>	127±0.00 <sup>a</sup>	12.93±0.00 <sup>a</sup>

Different letters among the rows represent difference at 95% significance. Tp: Initial paste temperature; VM: Maximum viscosity; VF: Final viscosity; tp: Peak time. cp: centipoise.

The initial paste temperatures for the flours studied were 94.70±0.25 for MIF, 94.90±2.00 for MEF, and 94.92±0.02 for MAF. Besides indicating the minimum temperature at which the granules undergo gelling, the paste temperature indicates the temperature at which viscosity increases during the heating period (SINGH et al., 2011). It can be said that the flours produce viscous pastes regardless of the variety, which increase their potential industrial application since they all have the same gelling

characteristics. Overall, the gelling temperature of the starches present in roots and tubers such as potato (58-65 °C) and cassava (52-65 °C) is slightly lower than for starches from cereals such as corn (62-80 °C) and wheat (59-85 °C) (SINGH et al., 2011). All values described for the other raw materials are below the ones found for peach palm flour, which is important to suggest possible industrial applications since heating with excess water causes irreversible swelling of starch granules and makes them too sensitive to mechanical and thermal stress. Since peach palm flours have high gelling temperature, they may be used in products that need long processing under high temperature and constant stirring such as sauces (ADEBOWALE et al., 2005).

The peak viscosity at a given concentration is an important characteristic that distinguishes different starchy materials. Each flour had different peak viscosity as they have different compositions. The maximum viscosity value of MAF,  $454.00 \pm 2.00$  cp, is significantly higher than the others since this sample had higher carbohydrate content. The maximum viscosity results found herein are similar to that of *Arracacia xanthorrhiza* (440 cp) and different from the values found for starches from potato, sweet potato, *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, cassava, regular corn, and waxy corn of 750, 250, 280, 250, 160, and 220 cp, respectively, when analyzed in water (TAKIZAWA et al., 2004).

The profile values for tendency to downgrading were much lower for the MIF and MAF. This is due to the effect of lipids, which were higher for these flours, which when interacting with the starch granules do not allow the formation of hydrogen bonds, different from that of MAF. The MAF presents a high viscosity breakdown, which reveals the fragility of the starch granules present in the composition of this flour (SINGH et al., 2011).

The flours had high water absorption values, significantly different among themselves. MEF had the highest value, which is justified by the higher concentration of insoluble fibers in that sample compared to MIF and MAF (Table 4). The high water absorption capacity is a relevant property for the application of flours in meat products, breads, and cakes (PORTE, 2011). Using peach palm flours in those food systems may be desirable since it is gluten free (CLEMENT; MORA URPI, 2005), which allows it to replace wheat and other raw materials that contain gluten in different products to meet the demand of consumers with difficulty to digest that protein or who personally chose gluten-free diets.

**Table 4-** Technological properties of peach palm flour

Samples	WAC (%)	OAC (%)	EA (%)	EE (%)
MIF	270.32±0.84 <sup>b</sup>	65.25±0.38 <sup>c</sup>	4.92±0.07 <sup>a</sup>	4.28±0.07 <sup>a</sup>
MEF	291.73±0.64 <sup>a</sup>	102.07±0.53 <sup>a</sup>	4.73±0.07 <sup>b</sup>	4.42±0.11 <sup>a</sup>
MAF	255.57±0.89 <sup>c</sup>	90.48±0.70 <sup>b</sup>	4.67±0.07 <sup>b</sup>	3.60±0.14 <sup>b</sup>

Mean values of three replicates with their standard deviations. Different letters among the rows represent difference at 95% significance.

The OAC values found were intermediate compared to other matrices such as peanut flour (200%) (Beauchatet al. 1975), which suggests the flours, particularly MIF, are not appropriate to be used as the main ingredient of viscous products such as pastas. However, flours with low OAC are indicated for breading since they reduce fat absorption by the processed food during frying (BOLANHO, 2014). The EA and EE values of all flours were low compared to mixed rice and soybean flour (106%) (MAIA, 2000), which suggests the flours may not be used to replace ingredients in emulsion systems.

#### **4. Conclusion**

The peach palm flours showed important nutritional and energy values. The functional property analyses showed their potential use in the formulation of different cookies, cakes, and meat, bakery, and breaded products. Since peach palm flour is gluten free, it is an option of healthy raw material to prepare products targeted at specific consumers. It is considered a source of fibers and can be added to different products in order to meet the growing market demand. This new flour product is a viable alternative to replace wheat flour in the preparation of different products, besides adding nutritional value to them.

#### **5. Acknowledgements**

The authors thank FAPESPA, CNPQ and CAPES for the financial support and the Federal University of Pará.

#### **6. References**

- Adebowale, K. O.; Afolabi, T. A.; Olu – Owolabi, B.I., (2005). Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine Corona*) start. *Food Hydrocolloids*, v. 19, p. 974-983.
- AOAC; Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, (1890). 17th ed. Washington.
- AOAC; Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, (2002). 17th ed. Washington.
- Beauchat, L.R.; Cherry, J.P.; Quinn, M.R., (1975). Physicochemical properties of peanut flour as affected by proteolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* v. 23, n. 4, p. 616-620.

Bolanho, B. C.; Danesi, E. D. G.; Beléia, A. 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*, v. 53, n. 1, p. 51–59.

Brasil A. Ministério da Saúde. Resolução nº 54., (2012). Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial da União*, Brasília.

Brasil, Resolução CNNPA Nº 12, de 24/ 07/., (1978). Regulamento técnico sobre padrões de identidade e qualidade da farinha de trigo. *Diário oficial*. Brasília, DF.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 27., (1998). Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial da União*, Brasília.

Buttriss J.L.; Stokes C.S., (2008). Dietary fibre and health: an overview. *Nutrit Bulletin*, v. 33, n. 1, p. 186-200.

Carvalho, A. V.; Vasconcelos, M. A. M.; Moreira, D., (2005). Obtenção e aproveitamento da farinha de pupunha. Belém, PA: Embrapa. Disponível em: <http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoesonline/comunicado-tecnico/2005/tecnologia-de-processamentode-carambolas-desidratadas-osmoticamente-comtec-144-1>. Acesso em: 10/04/2016.

Chaudhary, V. K.; Weber, F. E., (1990). Barley flour evaluated as dietary fibre ingredient in wheat bread. *Cereal Food World*, v. 35, p. 560-562.

Clement, C.R.; Mora Urpí, J., (2005) .Phenotypic variation of peach palm observed in the Amazon basin. In: Clement, C.R.; Coradin, L. (eds.). Final report (revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germplasm bank. U.S. Agency for International Development (grantnumber DAN-5542-G-SS-2093-00), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Centro Nacional de Recursos Genéticos/Embrapa, Manaus, AM. 1988 pp., 20-54.

Cooper, Knutson., (1995). Fourier transform infrared spectroscopy investigations of protein structure. Em J. Herron, W. Jiskott e D. Crommelin (Eds.), Physical methods to characterize pharmaceutical proteins (pp. 101 – 142). New York: *Plenum Press*.

Cremer, D. R.; Kaletunç, G., (2003). Fourier transform infrared microspectroscopic study of the chemical microstructure of corn and oat flour-based extrudates. *Carbohydrate Polymers*, v.52, p. 53-65.

Dench, J.E.; Rivas, R.N.; Caygill, J.C., (1981). Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 32, n. 6, p. 557-564.

\*Ferreira, C. D.; Pena, R. S., (2003). Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 251-255.

Franco, F., (1998). Tabela de Composição de Alimentos (9ª ed.), Atheneu, São Paulo.

Hauner, Hans H, Bechthold A, Boeing H, et al., (2012). Evidence-based guideline of the German Nutrition Society: carbohydrate intake and prevention of nutrition- related diseases. *Annals of Nutrition and Metabolism.*; 60 (Suppl 1):1-58.

Hiane P.A.; D. Bogo, Mil Ramos, MM Ramos-Filho., (2003). Pro-vitamina carotenóides e Composição de Ácidos graxos do fruto e farinha de bacuri ( *Scheeleaphalerata* Mart.). *Food Science and Technology International*, 23 (2), pp. 206-209

Linet, M.J.Y.; Humbert, E.S.; Sosulski, F.W., (1974). Certain functional properties of sunflower meal products. *Food Science and Technology*, v. 39, n. 2, p. 368-370.

Maia, L.H., (2000). Características químicas e propriedades funcionais do mingau desidratado de arroz e soja e, propriedades reológicas e sensoriais deste mingau reconstituído. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 110 p..

Mudgil, D., & Barak, S., (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6.

Neves, LC, AJ Campos, RM Benedette, JM Tosin, EA Chagas., (2012). Caracterização da capacidade antioxidante de frutas Nativas da Amazônia brasileira. *Brazilian journal of fruit growing*, 34 (4), pp. 1165-1173.

Porte, A.; Silva, E.F.; Almeida, V. D. S., (2011). Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*caricapapaya*) e de abóbora (*cucurbita sp*). *Brazilian journal of agroindustrial products*, Campina Grande, v.13, n.1, p.91-96, 91 ISSN 1517-8595.

Ribeiro, E. P; Seravalli. A.G., (2004). Química de alimentos. Instituto Mauá de tecnologia. Editora Edgar. BlucherLtda, (1º edição), São Paulo, p. 155- 157.

Santos AF, C. Corrêa Júnior, EJM Neves, (2008), Palmeiras Pará Produção de palmito:juçara, pupunheira e palmeira real, Embrapa Florestas, Colombo.

Santos M. F. G.; Alves R. E.; Brito E. S.; Silva S. M.; et al., (2017). Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon, *Brazilian journal of fruit growing*., v. 39, n. Spe., (e-305) DOI 10.1590/0100-29452017 305 Jan-Feb, Jaboticabal - SP)

Santos, A.F. dos; Neves, D.J.M.; Kalil Filho, A.N.; Penteado Junio R, J. et al., (2011). Uso da pupunheira na agricultura familiar. *Cultivar*, Pelotas.

Sena, L. M.; Zucolotto, S. M.; Reginatto, F. H.; Schenkel, E. P.; Lima, T. C. M., (2009). Neuropharmacological Activity of the Pericarp of *Passiflora edulis* fl. avicarpa Degener: Putative Involvement of C-glycosylflavonoids. *Experimental Biology and Medicine*, Maywood, v. 234, n. 8, p. 967-975. PMID:19491371. <http://dx.doi.org/10.3181/0902-RM-84>.

Singh, S. et al. (2011). Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. *Food Hydrocolloids*, v.25, p.19-24,. Disponível em: Acesso em: 02 set. 2016. doi: 10.1016/j. foodhyd.2010.05.001.

Smith, A. L., (1979). *Applied Infrared Spectra*. John Wiley & Sons, New York.

Sosulski, F.N., (1962). The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. *Cereal Chemistry*. v. 39, n. 4, p. 344-350.

Takizawa, F. F., (2004). Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. *Journal Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 921-931.

USDA- United State Department of Agriculture, (2002). *Nutrient Database for Standard Reference*. Release 15, Nutrient. Data Laboratory, Beltsville Research Center, US. Department of Agriculture.

Watt, B; Merrill, AL. (1963). *Composition of food: Raw, Processed, Prepared*. Washington, D. C: Consumer end food economics research division, Agri Res.

Yuyama, L.K.O., (1963). *Uso de frutos da pupunheira para alimentação humana*. Disponível

em:<<http://www.ceplac.gov.br/paginas/pupunheira/download/CDTrabalhos/palestras/Lucia%20K%20O%20Yuyama%20Uso%20de%20frutos%20da%20pupunheira%20para%20alimenta%C3%A7%C3%A3o%20humana.pdf>>. Acesso em: 08/02/2016.

### **CAPITULO 3**

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE PUPUNHA (*Bactris gasipae* Kunth), EXTRAÍDO POR DIFERENTES MÉTODOS.**

## **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE PUPUNHA (*Bactris gasipae* Kunth), EXTRAÍDO POR DIFERENTES MÉTODOS.**

Márlia Barbosa Pires<sup>a</sup>, Edna Regina Amante<sup>b</sup>, Antonio M. C. Rodrigues<sup>a</sup>, \*Luiza Helena Meller da Silva<sup>a</sup>.

a Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA). Endereço: Augusto Corrêa, N° 1, Bairro: Guamá, Campus Belém- Pa, Laboratório de Medidas Físicas, Fone (91) 3201-8988.

b Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Agrárias (CCA). Campus Itacorubi, Florianópolis- SC, Fone: (48) 3721-2920.

\*Correspondente: [lhmeller@ufpa.br](mailto:lhmeller@ufpa.br), Instituto de Tecnologia, Laboratório de Ciência Tecnologia e Engenharia de Alimentos. Fone (91) 3201-8988.

**Resumo:** Os amidos foram extraídos a partir de frutos de pupunha de diferentes raças (micro, meso e macrocarpa) por dois métodos de extração: aquoso e alcalino. Os amidos obtidos foram caracterizados quanto a composição físico química, morfológica, propriedades de pasta e propriedades térmicas. Amidos obtidos por extração alcalina apresentaram menores teores residuais de lipídeos e de proteínas para todas as raças. Os perfis de viscosidade demonstraram que os amidos obtidos por extração alcalina da raça macrocarpa e microcarpa, apresentaram maiores picos de viscosidade, 2174,00 e 2166,00, respectivamente. Todos os amidos estudados apresentaram baixo teor de amilose ( $\leq 2,92$  g.100g<sup>-1</sup>), indicando que são amidos cerosos, resistentes ao aquecimento, comportamento semelhante a amidos modificados intercruzados. Amidos com estas características são de grande importância para aplicação industrial, principalmente na indústria alimentícia, onde são utilizados para alterar ou controlar diversas características, como textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade no *shelf life*, além de melhorias no processo produtivo.

**Palavras Chave:** amido ceroso, pupunha, propriedades tecnológicas, viscosidade.

## 1.

## INTRODUÇÃO

O amido é formado basicamente por amilose e amilopectina na forma de grânulos, devendo muito de sua funcionalidade a organização física dessas macromoléculas dentro da estrutura granular (FRANCO, 2001). As proporções dessas macromoléculas no amido diferem em relação a fonte vegetal e entre as raças de uma mesma espécie (TESTER et al., 2004). Considera-se como propriedades funcionais do amido: viscosidade, retrogradação, solubilidade, geleificação, aparência e textura do gel, informações que são utilizadas para definir adequada aplicação.

A caracterização de amidos de diferentes fontes vegetais tem fornecido dados para utilização em áreas de aplicações diversificadas, como na indústria alimentícia, química, têxtil, petroquímica, farmacêutica, entre outras. As necessidades de conhecer o comportamento do amido sob certas circunstâncias como temperatura e pressão; às restrições impostas atualmente pelas indústrias alimentícias às modificações químicas; e a possibilidade de redução de custos de processo (CEREDA 2002), demanda por maiores estudos relacionados a fontes ainda desconhecidas.

Nos frutos de pupunha, uma fonte botânica ainda não explorada, o amido é o principal componente (em média 79%) com rendimento de extração em torno de 20,70%, demonstrando viabilidade de utilização para a produção comercial (MELO e NETO et al. 2015). A pupunha o fruto da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), palmeira encontrada em toda a região amazônica e reconhecida por fornecer o palmito. (SOUSA et al., 2011). Yuyama (2003) classifica os frutos de pupunha em diferentes raças: microcarpo (< 20g); mesocarpo (entre 21 e 70g) e macrocarpo (>70g). Este trabalho teve como objetivo caracterizar o amido extraído de diferentes raças de frutos de pupunha, avaliando suas propriedades funcionais e tecnológicas para fins de aplicações industriais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Os frutos de pupunha foram adquiridos em feiras livres do município de Belém do Pará (Latitude: 01° 27' 21" S, Longitude: 48° 30' 16" W), no Norte do Brasil, em lotes de 4 kg, coletados entre os meses de março a junho. Durante a recepção os frutos foram lavados e higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100µg/l. Em seguida foram classificados segundo Yuyama (2003) em microcarpo; mesocarpo e macrocarpo, posteriormente foram descascados e cortados em oito partes, com remoção das sementes.

### 2.2. EXTRAÇÃO DO AMIDO

A extração do amido foi realizada por dois métodos: aquoso (1) segundo Cruz el Dash (1984) e alcalino (2) descrito por Wang e Wang (2004). Onde os amidos extraídos pelo método aquoso foram identificados com o número 1 e pelo método alcalino pelo número 2 seguidos da raça MI (microcarpa), ME (mesocarpa) e MA (macrocarpa). Ao todo foram extraídos seis amostras de amidos (AMI1, AME1, AMA1 e AMI2, AME2, AMA2).

### 2.3. RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO AMIDO

O rendimento da extração do amido foi calculado com base na quantidade de amido extraído e total de frutos utilizados, de acordo com a Equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa de amido obtido após a extração (g)}}{\text{Massa total da matéria prima utilizada (g)}} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

A composição centesimal, pH e acidez foram determinados segundo métodos descritos pela AOAC (2012). O amido total (AT), o amido rapidamente digerido (ARD) e o amido resistente (AR) foram determinados usando o Kit Megazyme (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow Irlanda), segundo (AOAC n° 2012.02 e AACC n°

32-40.01). O teor de amilose foi determinado segundo o procedimento colorimétrico de Williams, Kuzina e Hlinka (1970), a leitura foi realizada em espectrofotômetro UV/Visível (marca NOVA), empregando curva analítica de amilose e amilopectina, extraídas do amido de pupunha, segundo Mc Cready e Hassid (1943).

#### 2.4.CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

A caracterização morfológica foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em microscópio eletrônico de varredura modelo ZEISS DSM 940 A. O suporte metálico foi montado com fita adesiva dupla face, seguida de recobrimento metálico com ouro, em metalizador BAL-TEC SCD 050, com leituras na magnitude de 392 X a 258 kX.

#### 2.5.PROPRIEDADES DE PASTA

A determinação do comportamento viscoamilográfico dos amidos foi realizada em *Rapid Visco Analyser* (RVA) da marca PERTEN, série RVA 4500, em amostras com umidades conhecidas e corrigidas para base seca. O amido em pó foi suspenso em água, na concentração de 10% de sólidos e submetido à análise de acordo com AACC número 76-21 (AACC, 2012), durante 13 minutos de teste, 1 minuto a temperatura de 50 °C, aquecimento até 95 °C por 7,45 minutos e resfriamento até 50 °C por 4,15 minutos.

#### 2.6.ANÁLISE TÉRMICA

A calorimetria exploratória diferencial (*Differential Scanning Calorimetry* – DSC), foi realizada em equipamento modelo PL Thermal Science, com analisador térmico simultâneo STA1000/1500, da STANTON REDCROFT Ltda, forno cilíndrico vertical e conversor digital acoplado a um microcomputador, a partir de suspensões com 5 mg de amido em 25 mg de água, permanecendo em repouso por 3 horas. Os amidos foram submetidos a aquecimento de 30-120 °C com taxa de 10 °C/minuto, onde foi determinada a entalpia de gelatinização. O experimento foi conduzido em atmosfera dinâmica com o nitrogênio a 80 mL.min<sup>-1</sup>. Além das entalpias de gelatinização foram obtidas temperatura inicial (T<sub>0</sub>) e temperatura de pico da gelatinização (T<sub>p</sub>).

A análise de termogravimetria (TGA) foi realizada utilizando 4,5 mg dos amidos em cadinho de alumina, sob fluxo de 50 mL.min<sup>-1</sup> com gás nitrogênio em um analisador Termogravimétrico Shimadzu TGA 50- Japão. As amostras foram aquecidas de 10° C a 600° C com taxa de aquecimento de 10° C min<sup>-1</sup> (LIMA et al., 2012).

## 2.7. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

As propriedades tecnológicas avaliadas foram poder de inchamento e índice de solubilização, determinadas segundo Leach et al. (1959) nas temperaturas de 65, 75, 85 e 95°C.

## 2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os dados expressos como média aritmética e desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

## 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE PUPUNHA

O rendimento da extração de amido a partir de vegetais depende de vários fatores tais como o teor de amido, estrutura e composição e eficiência do método de isolamento (DAIUTO et al., 2005). A Tabela 1 apresenta o rendimento dos amidos de pupunha obtidos a partir de distintos métodos de extração.

TABELA 1- Rendimento do amido de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

Amostra	Rendimento (g.100g <sup>-1</sup> )
AMI1	20,34±2,3 <sup>f</sup>
AMI2	28,82±3,4 <sup>e</sup>
AME1	25,65±3,5 <sup>d</sup>
AME2	37,46±3,1 <sup>c</sup>
AMA1	48,43±1,5 <sup>b</sup>
AMA2	56,03±1,7 <sup>a</sup>

Valores médios de três repetições com seus desvios padrões, letras diferentes entre as linhas indicam diferença significativa a nível de 5%.

Os rendimentos obtidos, independente da raça ou método de extração utilizado foram superiores ao encontrado por Melo e Neto (2017), para o amido de pupunha em 23,90 g.100g<sup>-1</sup>, para extração alcalina, e por SANTOS et al. (2013) para semente de jaca, 13,7 ± 2,1 g.100g<sup>-1</sup> para a extração aquosa e 12,8±3,1 g.100g<sup>-1</sup> para extração com NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. Os grânulos de amido apresentam teor de umidade que varia de 10 a 11 g.100g<sup>-1</sup>, quando extraídos de cereais e de 14 a 18 g.100g<sup>-1</sup> quando extraídos de raízes e tubérculos (TESTE, KARKALAS, QI, 2004). A legislação brasileira preconiza valores de umidades menores do que 14 g.100g<sup>-1</sup> para amidos de qualquer fonte botânica (BRASIL, 2005). A Tabela 2 apresenta a caracterização físico química do amido de pupunha.

TABELA 2- Composição centesimal do amido de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

Componentes	AMI1	AMI2	AME1	AME2	AMA1	AMA2
-------------	------	------	------	------	------	------

(g.100 g <sup>-1</sup> )						
Umidade	11,64±0,16 <sup>b</sup>	10,63±0,20 <sup>c</sup>	12,42±0,29 <sup>a</sup>	12,57±0,35 <sup>a</sup>	12,69±0,21 <sup>a</sup>	11,53±0,32 <sup>b</sup>
Lipídeos	0,52±0,14 <sup>c</sup>	0,47±0,03 <sup>c</sup>	1,04±0,06 <sup>a</sup>	0,70±0,10 <sup>b</sup>	0,56±0,02 <sup>bc</sup>	0,55±0,06 <sup>bc</sup>
Proteínas	0,44±0,08 <sup>a</sup>	0,35±0,04 <sup>a</sup>	0,46±0,04 <sup>a</sup>	0,41±0,04 <sup>a</sup>	0,49±0,02 <sup>a</sup>	0,47±0,13 <sup>a</sup>
Cinzas	0,13±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,12±0,04 <sup>a</sup>	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,03 <sup>a</sup>	0,18±0,02 <sup>a</sup>
Carboidratos	87,27±0,4 <sup>bd</sup>	88,37±0,2 <sup>a</sup>	86,10±0,3 <sup>c</sup>	86,33±0,3 <sup>cd</sup>	86,32±0,5 <sup>cd</sup>	87,39±0,6 <sup>ab</sup>
AR	22,83±0,13 <sup>a</sup>	21,63±0,41 <sup>a</sup>	12,18±0,11 <sup>e</sup>	16,35±0,13 <sup>d</sup>	18,59±0,70 <sup>c</sup>	19,84±0,19 <sup>b</sup>
ARD	49,17±0,79 <sup>d</sup>	58,33±0,10 <sup>b</sup>	61,86±0,84 <sup>a</sup>	61,18±0,5 <sup>ac</sup>	59,91±0,1 <sup>bc</sup>	59,07±0,79 <sup>b</sup>
AT	72,01±0,92 <sup>c</sup>	79,97±0,51 <sup>a</sup>	74,03±0,95 <sup>b</sup>	77,52±0,66 <sup>a</sup>	78,50±0,74 <sup>a</sup>	78,91±0,98 <sup>a</sup>
Amilose	2,87±0,01 <sup>c</sup>	2,92±0,02 <sup>d</sup>	2,56±0,08 <sup>e</sup>	2,66±0,02 <sup>a</sup>	0,84±0,05 <sup>b</sup>	1,20±0,03 <sup>a</sup>
Amilopectina	68,88±0,42 <sup>c</sup>	76,76±0,25 <sup>b</sup>	71,21±0,42 <sup>d</sup>	74,59±0,32 <sup>c</sup>	77,38±0,45 <sup>a</sup>	77,43±0,47 <sup>a</sup>

Constituintes em base seca. Amido resistente (AR), Amido lentamente digerido (ARD) e Amido total (AT). Valores médios de três repetições com seus desvios padrões, letras diferentes entre as colunas indicam diferença significativa a nível de 5%.

O teor de lipídeos encontrados para os amidos de pupunha variaram de 0,47 a 1,04 g.100g<sup>-1</sup>, considerados baixos, se comparados aos encontrados por Galdeano e colaboradores (2009) 1,36 g.100g<sup>-1</sup> para o amido de aveia. Apesar de estarem presentes em baixas concentrações, o teor de lipídeos tem grande influência nas propriedades funcionais dos amidos, como a gelificação, o comportamento reológico das pastas e a cristalização das moléculas, que reduz a retrogradação (Peroni, 2003).

Os amidos de pupunha obtidos, apresentaram teores de proteína entre 0,35 a 0,49 g.100g<sup>-1</sup>, valores considerados baixos e próximos ao encontrado por Jensen, Grossmann e Mali (2009) de 0,5 g.100g<sup>-1</sup> para o amido de mandioca. Em pequenas quantidades, substâncias proteicas desempenham papel importante em muitas aplicações do amido (HASJIM, 2010).

Altos teores de cinzas pode indicar a presença de sais associados às moléculas de amilose e amilopectina, o que influencia no comportamento característico da pasta formada pelo amido (ZHOU, 2002). Os resultados encontrados para cinzas nos amidos de pupunha variaram de 0,11 a 0,18 g.100g<sup>-1</sup>, dentro do limite preconizado pela legislação, que fixa em até 0,50 g.100g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005).

Os resultados obtidos com relação ao teor de lipídeos e proteínas para os dois métodos de extração apresentaram diferenças estatísticas. A presença destes componentes no amido são provenientes do carreamento no processo de extração, assim uma boa extração seguida de resuspensões pode contribuir para diminuir os teores de proteína, lipídeos e cinzas (RILEY, WHEATLEY, ASEMOTA, 2006).

O amido é classificado conforme a velocidade com a qual é digerido *in vitro* em amido rapidamente digerido (ARD) e amido lentamente digerido (ALD) ou amido resistente (AR), em função da estrutura físico-química e da susceptibilidade enzimática (LEONEL, 2009). No amido de pupunha o conteúdo de ARD foram os que apresentaram maiores concentração,  $49,17 \pm 0,79$ ,  $58,33 \pm 0,10$ ,  $61,86 \pm 0,84$ ,  $61,18 \pm 0,5$ ,  $59,91 \pm 0,1$  e  $59,07 \pm 0,79$ , para AMI1, AMI2, AME1, AME2, AMA1 e AMA2 respectivamente, entretanto, estes valores foram inferiores aos reportados por Ai et al. (2013), para o amido de milho cozido ( $97,2 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ). Para AR os teores para todos os amidos obtidos ficaram entre valores descritos por Teixeira (1998) para o amido de banana verde ( $49,6 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ) e amido de milho ( $2,50 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ). A digestibilidade do amido pode ser influenciada pela sua estrutura molecular quanto pela origem botânica, raça, modo de processamento do alimento e metodologia de análise (Moore et al., 2015).

Amidos com elevada concentração de amilopectina tendem a ter menor concentração de amido resistente. Em amidos em que a amilopectina possui maior proporção de cadeias curtas a atuação das enzimas amilolíticas é retardada devido à maior densidade dessas ramificações dificultarem a digestão enzimática (ZHANG, SOFYAN, HAMAKER, 2008). A amilopectina permite melhor manutenção da forma da pasta, a qual resiste mais a tratamentos suplementares, tais como, o corte e a secagem (CEREDA, 2002).

Os teores de amido total encontrados para os amidos de pupunha são semelhantes aos reportados por Walter, Silva e Perdomo (2005), entre 76,3 e 87,6 %, para amido de arroz.

Os teores de amilose encontrados nos grânulos de amido de pupunha variaram de 0,84-2,92 g.100g<sup>-1</sup>. Valores semelhantes foram encontrados por Weber (2009) para amido de milho ceroso (1,8 g.100g<sup>-1</sup>). De acordo com Juliano (1993) amidos com teor de amilose acima de 25 g.100g<sup>-1</sup> são amidos classificados como alto teor de amilose, entre 20 a 25 g.100g<sup>-1</sup> intermediários, entre 12 a 20 g.100g<sup>-1</sup> baixos e entre 5 a 12 g.100g<sup>-1</sup> de muito baixo teor de amilose, valores abaixo de 5 g.100g<sup>-1</sup>, são classificados como cerosos. De acordo com a classificação proposta por Juliano (1993) o amido de pupunha é ceroso. Amidos com esta característica são ideais para aplicações que envolvem grandes variações de temperatura, como melhoramento da textura, gelatinização, anti-cristalinização, regulação de acidez e formação de filmes (FREITAS et al., 2003).

Amidos cerosos são considerados raros e têm aplicações variadas, na indústria de alimentos, têxtil, farmacêutica e cosmética (SING et al., 2003).

### 3.2.MORFOLOGIA DOS AMIDOS

As micrografias dos grânulos de amido de pupunha estão apresentadas na Figura 1. Os grânulos apresentam forma arredonda, ovalada e convexa bicôncava, com tamanhos não homogêneos, com maior porcentagem de grânulos na faixa de 2-10 µm.

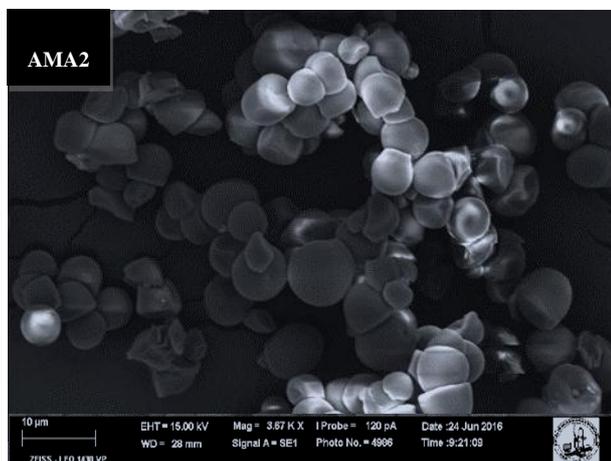
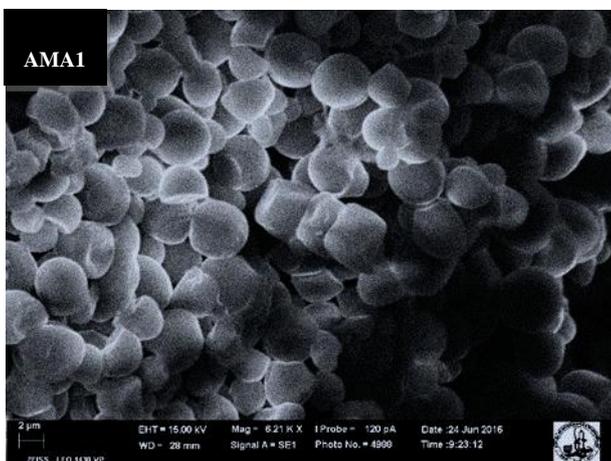
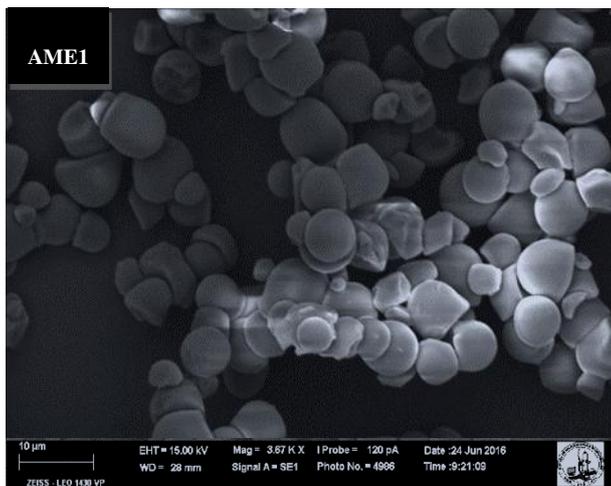
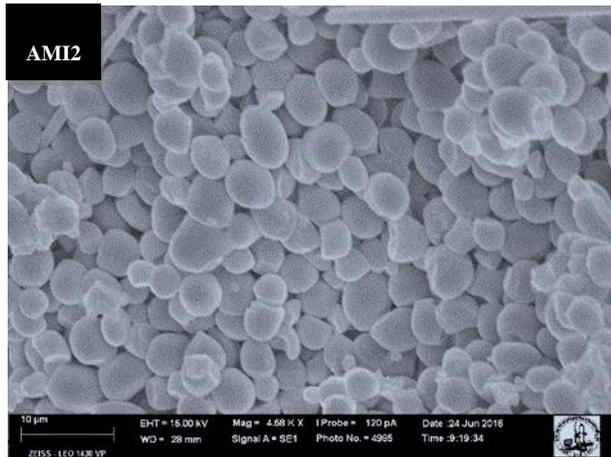


FIGURA 1: Morfologia dos grânulos de amido de pupunha

Valores menores aos encontrados por Leonel (2007) para os amido de açafão e araruta, 10 a 48  $\mu\text{m}$  e 9 a 42  $\mu\text{m}$ , respectivamente. A relação direta entre as propriedades térmicas, o tamanho e a distribuição dos grânulos de amido descreve que grânulos menores e menor homogeneidade apresentam, em geral, elevada temperatura inicial de pasta, comportamento observado para todos os amidos de pupunha (ANDO et al., 2002).

As dimensões e a morfologia dos grânulo de um amido são informações de grande relevância para a determinação de usos potenciais de amidos. Por exemplo, grânulos pequenos (2,0  $\mu\text{m}$ ) são usados como substitutos de gordura (ANDO et al., 2002).

### 3.3.PROPRIEDADES DE PASTA DO AMIDO

A determinação do poder de inchamento (Figura 3) e índice de solubilidade (Figura 4), associada aos demais dados da caracterização dos amidos, contribuem para melhor estabelecer as possíveis aplicações.

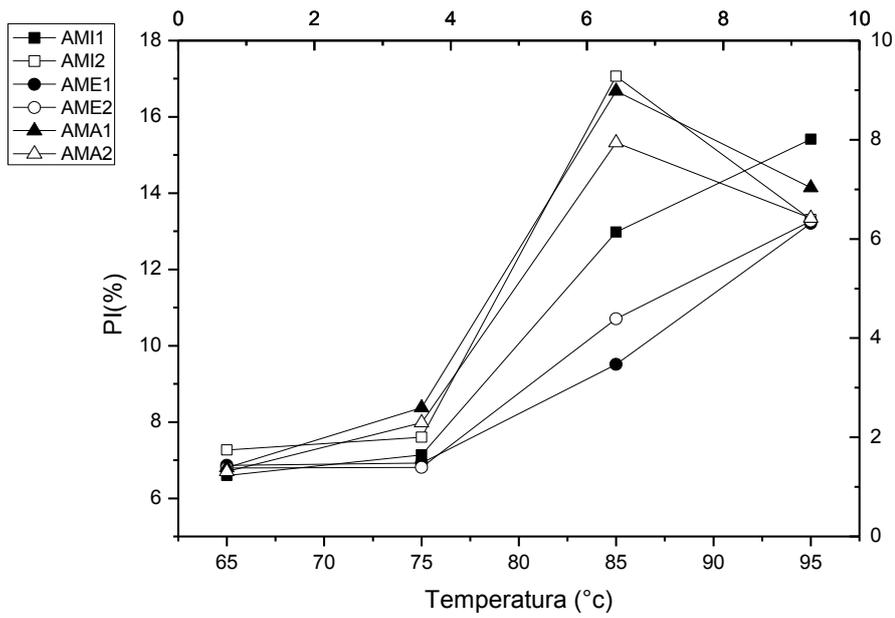


FIGURA 3: Poder de Inchamento dos amidos de pupunha.

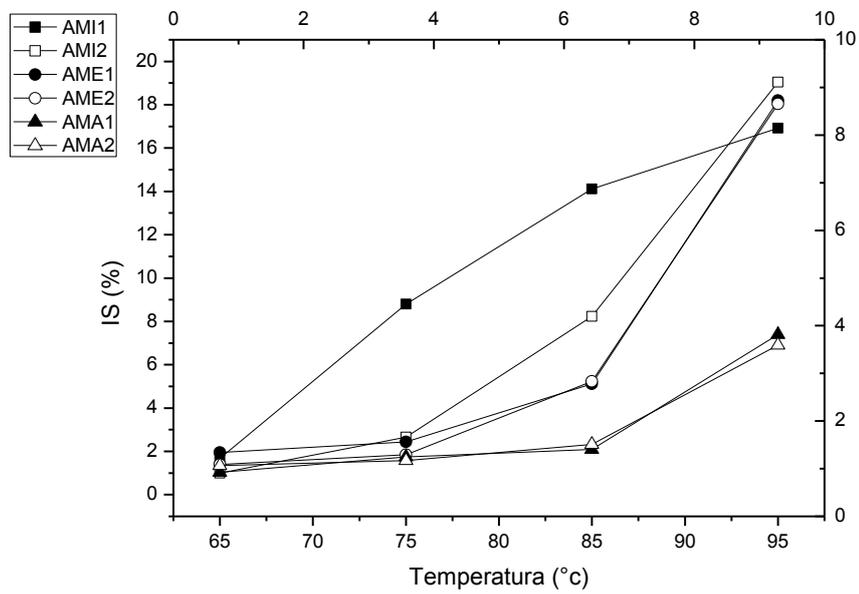


FIGURA 4: Índice de Solubilização dos amidos de pupunha

Observa-se nas Figuras 3 e 4 um aumento gradativo das propriedades com a elevação da temperatura. Segundo Singh et al. (2003), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam ligações de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, que causa um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo.

O poder de inchamento (PI) e a solubilidade (IS) variam de acordo com a fonte do amido, e com as raças de um mesmo fruto. Isto ocorre devido a diferença de proporção de amilose e amilopectina presente nos grânulos, que influencia diretamente estas propriedades tecnológicas.

Quanto às propriedades viscoamilográficas (Figura 3) a temperatura inicial de pasta dos amidos de pupunha, variou de 93,75 a 94,80 °C, sendo a raça macrocarpa a que apresentou maior temperatura de empastamento. Os valores encontrados são superiores aos descritos para outras fontes de amidos como batata 56 – 66°C, mandioca 58 – 70°C, milho 62 – 72°C, trigo 52 – 63°C e arroz 61 – 77°C (DIAS et al.,2007).

O amido de pupunha por conter baixo teor de amilose e ausência de regiões amorfas, necessitam de mais energia para iniciar a fusão do amido, o que eleva sua temperatura inicial de pasta. Amidos com esta característica são muito utilizados em preparações de molhos e sopas, que precisam ser cozidos por longos períodos de tempo, pois seus grânulos intumescem lentamente e apresentam viscosidade mais estável a quente que outros amidos (SILVA et al., 2006).

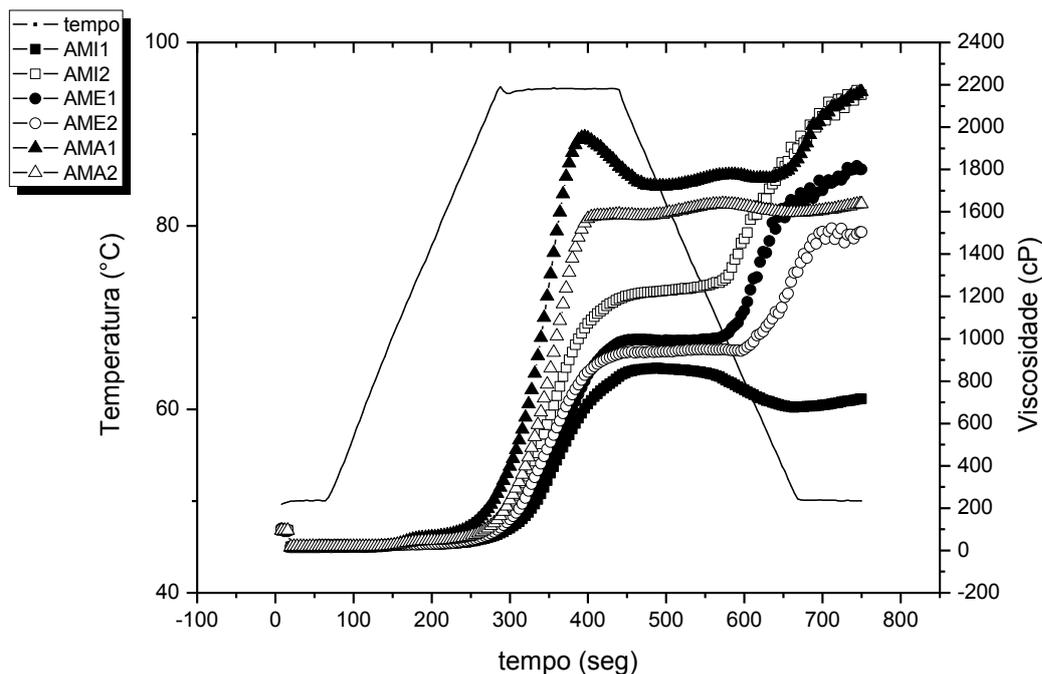


FIGURA 5: Viscoamilograma do amido de pupunha.

As viscosidades máximas dos amidos de pupunha variaram de 861,96 a 2174,00 cP). Amidos das raças macrocarpa e microcarpa extraídos pelo método alcalino, apresentaram os maiores picos de viscosidade. Valores superiores aos encontrados por Silva et al. (2008) para o amido de milho ceroso (562 cp) e inferiores aos encontrados para o amido de mandioca modificado intercruzado (2376,00cp) (SILVA et al., 2006).

A viscosidade final para os amidos de pupunha variou de 717,0 a 2166,00 cP, indicando que esses amidos são resistentes à temperatura e agitação, características de grande interesse para vários setores industriais.

Para todos os amidos a tendência a retrogradação apresentou comportamento característico de amidos com baixo teor de amilose (BILIADERIS, 1992), indicando sua aplicação em produtos como pães, molhos e pudins.

### 3.4. PROPRIEDADES TÉRMICAS DO AMIDO

As propriedades térmicas de gelatinização e os perfis endotérmicos dos amidos foram determinados em DSC. As temperaturas iniciais de gelatinização variaram de 79,07 a 86,99 °C, as temperaturas de pico de 84,62 a 93,54 °C e as entalpias de 8,37, a 23,04 J.g<sup>-1</sup>. Hernández-Medina et al. (2008), encontraram para o amido de araruta temperatura inicial de 62,2 °C e final de 89,2 °C, entalpia de 12,5 J.g<sup>-1</sup>. O tamanho dos grânulos influenciam as temperaturas de gelatinização (To e Tp) e grânulos menores promovem maiores temperaturas de gelatinização (inicial, de pico e final) (YONEMOTO; CALORI-DOMINGUES; FRANCO, 2008).

De acordo com Noda, Takahata e Nagata (1992), a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) pode ser relacionada com a cristalinidade da amilopectina e a força com que as duplas hélices formadas por suas cadeias estão associadas com o grânulo do amido. Assim, quanto maior esse valor, maior será a força necessária para o rompimento da estrutura dos grânulos, resultando em gelatinização. Os amidos de pupunha das raças macrocarpa e microcarpa extraídos pelo processo alcalino, apresentaram maiores valores de  $\Delta H$ .

A temperatura inicial média de degradação e o percentual de materiais inorgânicos nas amostras foram obtidos através das curvas da análise termogravimétrica dos amidos Figura 6. Com as curvas derivadas dos termogramas (DTG) foram determinadas as temperaturas de velocidade de degradação máxima.

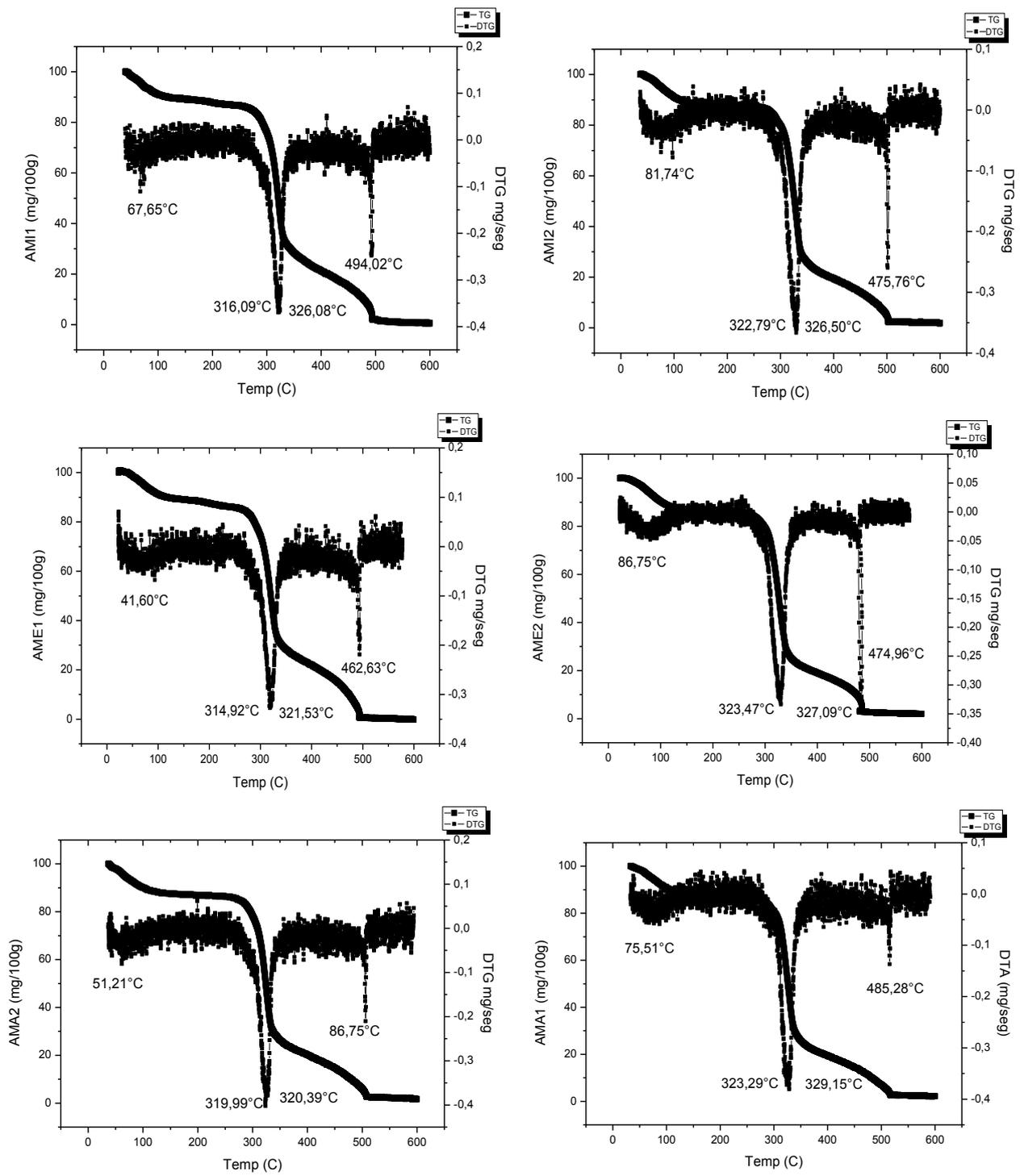


FIGURA 6: Termogravimetria do amido de pupunha.

Na Figura 6 foram observadas similaridades nas curvas TG com quatro eventos térmicos de perda de massa, o primeiro, atribuído a evaporação de voláteis e ocorreu entre 41,6 e 81,74°C, os outros eventos estão relacionados à etapa de degradação térmica dos constituintes majoritários e minoritários do amido (proteínas, lipídios e polissacarídicos) com temperatura de início de degradação de 314,92 – 329,15°C, sendo a primeira referente à desidratação, uma vez que as cadeias de glicose que constituem o amido são interligadas e enroladas sobre si mesmas e apresentam diferentes graus de hidratação. As reações hidrotérmicas abordam as relações dos grânulos de amido com a água e as variações de temperatura, provocam alterações estruturais, a segunda, terceira e a quarta a decomposição térmica e ao final a formação de resíduo carbonizado (CEREDA, 2003).

As curvas DTA também apresentaram similaridades. De acordo com Aggarwall e Dollimore (1998), as fontes amiláceas têm resistividade térmica até, aproximadamente, 300 °C, resultado que foi confirmado pelo presente estudo, pois é nesta faixa que se encontra o pico de maior intensidade de DTA.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os amidos obtidos nos dois processos de extração utilizados apresentaram umidade e cinzas dentro do que preconiza a legislação brasileira, para amidos comerciais.

Os amidos apresentaram baixos teores de amilose, sendo classificados como amido ceroso. Os amidos apresentaram propriedades de pasta diferentes dos amidos nativos utilizados em processos industriais, como mandioca, milho e batata.

A pupunha pode ser considerada fonte de amido de boa qualidade e com características tecnológicas de grande interesse para o mercado industrial.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à UFPA, UFSC, FAPESPA e CAPES, que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

AACC, (2012) American Association of Cereal Chemists, Approved methods. 8th ed. Saint Paul, 2v.

Aggarwall, P. and Dollimore, D. (1998), A thermal analysis investigation of partially hydrolyzed starch. *Thermochimica Acta*, 319, 17-25

ANDO, H. et al., (2002). Some physicochemical properties of large, medium and small granule starches in fractions of wheat grain. *Food Sci. Technol. Res.*, v. 8, n. 1, p. 24-27.

AOAC, (2012). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Washington.

Biliaderis, C. G. (1992). Structures and fase transitions of starch in food systems. *Food Technology*.v. 46, n. 6, p. 98-109.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 23 de 14 de dezembro de 2005.

Cereda, M. P., (2001). Propriedades Gerais de Amido. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 1), Fundação Cargill, São Paulo, v. 1. Cap. 8. 221p.

Cruz, R. y., Dash, A. A., (1984). Isolamento e caracterização de amido de chuchu. *Revista Ceres*, 31(175):173-188.

Daiuto, E.R. et al., (2005). Effects of extraction methods on yam (*Dioscorea alata*) starch characteristics. *Starch/Stärke*, Weinheim, v.57, p.153-160.

Dias, A. R. G., Elias M. C., Oliveira M., Helbig E. (2007), Oxidation of fermented cassava and corn starches: development of the expansion property, *Ciênc. Tecnol. Food*, Campinas, 27(4): 794-799, out.-dez.

Franco, C. M. L. et al., (2002). Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. *Cereal Chemistry*, v. 79, n. 2, p. 243-248.

Freitas R. A.; Paula, R. C.; Feitosa, J. P. A.; Rocha, S.; Sierakowski M.R., (2003). A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. *Carbohydrate polymers*, v. 51, p. 25-32.

Galdeano, M.C.; Grossmann, Mali. S.; Bello-Perez, L.A., (2009). Propriedades físico químicas do amido de aveia da raça brasileira IAC 7. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n.4, p. 905-910, out.- dez..

Hasjim, J.; Lee, S.O.; Hendrich, S.; Setiawan, S.; AI, Y.; Jane, J.L., (2010) Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasmagluose and insulin responses. *Cereal Chemistry*, v. 87, p. 257-262.

HERNANDEZ-MEDINA, M. et al., (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 3, p. 718-726.

Jensen, S.; Grossmann, M. V. E; Mali, S., (2009). Microestrutura e estabilidade de filmes de amido de mandioca adicionados de emulsificantes com diferentes equilíbrios hidrofílico/ lipofílico. *Brazilian Journal of food technology*, v 12, n.2, p. 97-105.

Juliano, B.O.,(1993) Grain structure, composition and consumers' criteria for quality. In:Juliano, B. O. Rice in human nutrition. Rome: *FAO* , 162 p. cap. 3.

Leach, H. W.; Mccowen, L. D.; Schoch, T. J., (1959). Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, v. 36, n. 6, p. 534-544.

Leonel, M., (2007). Analysis of the shape and size of starch grains from different botanical species, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(3): 579-588, jul.-set. .

Lima N. B.; Cabral T.B.; Neto P. C.; Tavares M. I. B.; et al., (, 2012). Characterization of commercial edible starch flours, *Polímeros*, São Carlos, vol.22 no.5,

Mc Cready, R. M.; Hassid, W.F., (1943). The separation and quantitative estimation of amilose an amilopectina in potato starch. *Journ. of the American Chemical Society*, v. 65, p. 1154.

Melo Neto, B. A.; Barbosa, A. A.; Santos Leite, C. X.; Almeida, P. F., et al., (2015). Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejobaye fruit (*Bactris gasepaes* Kunth.). *Act. Scientific. Technologie*. v. 37, n.1, p. 105-110.

Moore JP, et al. (2015) A multivariate approach using attenuated total reflectance mid-infrared spectroscopy to measure the surface mannoproteins and  $\beta$ -glucans of yeast cell walls during wine fermentations. *J Agric Food Chem* 63(45):10054-63.

Noda, T.; Tsuda, S.; Mori, M.; Takigawa, S.; Matsuura-endo et al.,( 2006). Determiration of the Phosphorus Content in Potato Starch using an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Method. *Food Chemistry*,, v. 95, p. 632-637.

Riley, C. K.; Wheatley, A. O.; Asemota, H. N.(2006). Full length research paper. isolation and characterization of starches from eight *Dioscorea alata* cultivars grown in Jamaica. *African Journal of Biotechnology*. v. 5, n. 17, p. 1528 – 1536.

Santos, L. S. , Bonomo, R. C. F. , Fontam R. C. I. , Bonomo, P. , Leite, C. X. S. , Santos D. O., (2013). Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca, *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.15, n.3, p.255-261, 255.

Silva, G. O., Takizawa F. F., Pedroso R. A., Franco C. M. L., Leonel M., Sarmento S. B. S., Demiate I. M, (2006). Physicochemical characteristics of modified food starches commercialized in brazil, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(1): 188-197, jan.-mar.

Silva, R.M.; Ferreira, G.F.; Shirai, M.A.; Haas, A.; Scherer M. L., et al., (2008) Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 66-77.

Singh, N.,( 2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*. v.81, n.219-231.

Teixeira, M. A. V., Ciacco, C. F., Tavares, D. Q., Bonezzi, A. N., (1998). Occurrence and characterization of resistant starch in maize and banana starch 1,.vol. 18 n. 2 Campinas.

Teste R. F., Karkalas, J. Q.X., (2004). Starh- Composition, fine Structure and architecture. *J. Cereal Sci.*, 39(1): 151-165.

Vriesmann, L., Petkowicz, C., (2009). Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Structural characterization of a pectic fraction. *Carbohydrate Polymers*. 77. 72-79. 10.1016/j.carbpol.2008.12.007.

Walter, M.; Silva, L. P.; Perdomo, D., (2005). Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 39-43.

Wang, L.; Wang, Y.J., (2004). Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. *Journal of Cereal Science*, v.39, n.2, p.291-296.

Weber, F.H.; Collares-queiroz F.P.; Chang, Y.K.,( 2009). Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, n.4, p.748- 753.

Williams, P. C.; Kuzina, F. D.; Hlynka, I. A., (1970). Rapid colorimetric procedure for estimating the amylase content of starch on fluors. *Cereal Chemistry*, v. 47. n. 4. p. 412-420.

Yonemoto, P. G.; Calori-domingues, M. A.; Franco, C. M. L., (2007). Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 4, p. 761-771.

Yuyama, L.K.O.; Aguiar, J.P.L.; Clement, C.R.; Macedo, S.H.M. et al., (2003). Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia. *Internat. Journ. Of Food Scienc. And Nutrition*, UK, Brazil, , v. 54, p. 49-56.

Zhang G., Sofyan M., Hamaker BR., (2008). Slowly digestible state of starch: mechanism of slow digestion property of gelatinized maize starch. *J Agric Food Chem.*

Zhou, M. et al., (2002). Structure and Pasting Properties of Oat Starch. *Cereal Chemistry*, v. 75, n. 7, p. 273-281.

Cereda, M.P., *Propriedades gerais do amido.* (2002), São Paulo: Fundação Cargil.

Cereda, M. & Vilpoux, O.F. (2003). “Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas”, Fundação Cargill, São Paulo.

## **CAPITULO 4**

### **CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DA FARINHA DE PUPUNHA**

*(Bactris gasipae Kunth): PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS*

## **CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO EXTRAÍDO DA FARINHA DE PUPUNHA (*Bactris gasipae* Kunth): PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS**

Márlia Barbosa Pires<sup>1</sup>, Edna Regina Amante<sup>2</sup>, Luiza Helena Meller da Silva<sup>1</sup>, Antonio M. C. Rodrigues<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará (UFPA), Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA). Endereço: Augusto Corrêa, N° 1, Bairro: Guamá, Campus Belém- Pa, Laboratório de Medidas Físicas, Fone (91) 3201-8988.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Agrárias (CCA). Campus Itacorubi, Florianópolis- SC, Fone: (48) 3721-2920.

Correspondente: [amcr@ufpa.br](mailto:amcr@ufpa.br), Instituto de Tecnologia, Laboratório de Ciência Tecnologia e Engenharia de Alimentos. Fone (91) 3201-8988.

**Resumo:** O amido extraído da farinha de pupunha foi caracterizada quanto ao teor de lipídeos, proteínas, viscosidade, poder de inchamento, poder de solubilização e teor de amilose. Os resultados do perfil de viscosidade demonstraram que o amido de pupunha contém baixo teor de amilose, entretanto, o gel formado é resistente ao aquecimento, mantendo comportamento viscoso por mais tempo. O teor de amilose ( $1,74 \pm 0,003\text{g}/100\text{g}$ ) encontrado o classifica como amido ceroso. Amidos com estas características são raros e de grande interesse industrial, pois têm aplicações variadas, tanto na indústria de alimentos, como ligante, no melhoramento da textura, gelatinizante, anti-cristalinizante, formador de filmes assim como na indústria têxtil, farmacêutica e cosmética.

**Palavras Chave:** amido ceroso, pupunha, propriedades tecnológicas, viscosidade.

### 3. INTRODUÇÃO

A pupunha é um fruto de excelente valor energético e elevado teor de precursores de vitamina A, e apresenta-se como nova fonte botânica para extração de amido. Tradicionalmente, os frutos são consumidos cozidos e podem ser matéria prima para a extração de óleo ou produção de farinhas (SOUSA et al., 2011).

O amido é o principal componente nos frutos de pupunha (YUYAMA et al. 2003), sendo a principal fonte de reserva de carboidratos em plantas e um dos principais responsáveis pela textura dos alimentos (VANDEPUTTE; DEUCOUR, 2004). Formado basicamente por amilose e amilopectina apresenta-se na forma de grânulos, devendo muito de sua funcionalidade a organização física dessas macromoléculas dentro da estrutura granular (RICHARDSON; GORTON, 2003). De acordo com estas características, o amido pode, entre outras funções, facilitar o processamento, fornecer textura, ser ligante em embutidos de carne, estabilizante em molhos de salada, ou ainda proteger os alimentos durante o processamento (CEREDA 2003).

Melo e Neto et al. (2015), ao caracterizarem o amido extraído de frutos de pupunha afirmam que este produto é semelhante morfológicamente às fontes de amidos tradicionais, como de mandioca e milho, apresenta rendimento de aproximadamente 20,70%, com um teor de amido total de 79%, demonstra sua qualidade e viabilidade para a aplicação comercial.

Os frutos da pupunha são colhidos nos meses de fevereiro a junho, fato que limita sua disponibilidade durante todos os meses do ano e utilização como matéria prima para a indústria. Este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade de extração de amido de farinha de pupunha, bem como sua caracterização, quanto à composição e as propriedades tecnológicas, visando possíveis aplicações em diferentes segmentos industriais.

## **1. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1.OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA**

Os frutos de pupunha foram adquiridos em feiras livres do município de Belém do Pará (Latitude: 01° 27' 21" S, Longitude: 48° 30' 16" W), no Norte do Brasil, em lotes de 4 kg, coletados entre os meses de março e junho.

### **2.2.OBTENÇÃO DA FARINHA**

Os frutos foram lavados e higienizados com solução de hipoclorito de sódio com 2,6% C. A. a 100ppm, descascados e cortados em oito partes, com remoção das sementes. Os frutos foram secos em secador de leito fixo, com circulação de ar em temperatura de 55°C durante 42 horas. Após a secagem, a amostra foi triturada em moinho de martelo, seguida de moinho de facas, embalada a vácuo e armazenada em temperatura ambiente, até o momento da extração.

### 2.3. EXTRAÇÃO DO AMIDO

A extração do amido de pupunha foi realizada de acordo com a metodologia sugerida por Cruz e El Dash (1984), com modificações, onde a farinha de pupunha, obtida foi homogeneizada em liquidificador da marca WALITA com água potável, na proporção 1:1, por aproximadamente 1,5 minutos. A pasta obtida foi filtrada em tecido dessorador. A parte sólida da filtração foi novamente adicionada de água, repetindo-se a etapa de homogeneização e filtração por mais três vezes. Após essa etapa o líquido filtrado foi decantado durante 2 horas para separação do amido (parte sólida). A parte líquida foi drenada e a parte sólida recebeu a adição de 500mL de água potável, que foi novamente decantada por 2 horas e drenada. Este processo foi repetido por 4 vezes, para lixiviar compostos considerados contaminantes do amido, como: proteínas, lipídeos, minerais e etc. O amido resultante foi centrifugado a 726,7g por 5 min e seco em estufa com circulação de ar a temperatura de 45°C por 24h.

### 2.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A análise de cor do amido foi realizada em colorímetro da marca KONICA MINOLTA, operando no sistema CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), sendo as coordenadas de cromaticidade:  $L^*$  para luminosidade,  $a^*$  para intensidade da cor vermelha e  $b^*$  para intensidade da cor amarela. A composição centesimal, fibras, atividade de água, pH e acidez foram determinados segundo métodos descritos pela AOAC (2002).

## 2.5. RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO

O teor de amido extraído bem como o teor de amido contido nas farinhas de pupunha, foram determinados de acordo com Cereda et al. (2001), mediante hidrólise em meio ácido, utilizando 1,0 grama da amostra em 50 ml de solução de HCl 1 mol.L<sup>-1</sup>. O teste do iodo (I-KI) foi usado para comprovação da hidrólise. Após resfriamento, adicionou-se NaOH 1mol.L<sup>-1</sup> (50 mL) e a amostra foi diluída com água destilada em um balão de 250 mL. O hidrolisado foi filtrado em papel filtro e levado para à leitura no polarímetro. O polarímetro (Cenco-Kern n°100.604 – *full circle polarimeter* – Holanda) foi utilizado para a leitura da glicose no hidrolisado de amido foram realizadas 5 leituras. A conversão de amido em gramas por 100 mL foi realizada de acordo com a Equação 1, com posterior conversão para base seca.

$$[\alpha]D = 100 \times \theta / l \times c \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:  $l = 2$  dm,  $\theta =$  Ângulo de leitura no polarímetro para a amostra e  $\alpha =$  desvio polarimétrico da glicose (57,2).

A determinação do teor de amilose no amido de pupunha foi realizada seguindo o procedimento colorimétrico de Williams, Kuzina e Hlinka (1970). A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV/Visível (marca NOVA), empregando curva padrão de amilose e amilopectina, extraídas a partir de amido de pupunha, segundo Mc Cready e Hassid (1943).

O rendimento de extração de amido foi calculado com base na quantidade de amido extraído e total de frutos utilizados, de acordo com a Equação 2:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa de amido obtido após a extração (g)}}{\text{Massa total da matéria prima utilizada (g)}} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

## 2.6. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

A caracterização morfológica foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em microscópio eletrônico de varredura modelo ZEISS DSM 940 A. O suporte metálico foi montado com fita adesiva dupla face, seguida de recobrimento metálico com ouro, em metalizador BAL-TEC SCD 050, com leituras na magnitude de 392 X a 258kX.

## 2.7. PROPRIEDADES DE PASTA

A determinação do comportamento viscoamilográfico dos amidos foi realizada em *Rapid Visco Analyser* (RVA) da marca PERTEN, série RVA 4500, com amostras com umidades conhecidas e corrigidas para base seca. O amido em pó foi suspenso em água, na concentração de 10% de sólidos. Essa suspensão foi submetida à análise de acordo com AACC número 76-21 (AACC, 2000), com o total de 13 min. de teste, sendo 1 minuto de equilíbrio para a temperatura em 50 °C, aquecimento até 95 °C em 7,45 minutos e resfriamento até 50 °C em 4,15 minutos.

## 2.8. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

As propriedades tecnológicas avaliadas para o amido de pupunha foram: poder de inchamento e índice de solubilização segundo Leach et al. (1959), na temperatura de 80 °C.

## 2.9. ANÁLISE TÉRMICA

A calorimetria exploratória diferencial (*Differential Scanning Calorimetry* – DSC), foi realizada em equipamento modelo PL Thermal Science, com analisador térmico simultâneo STA1000/1500, da STANTON REDCROFT Ltda, forno cilíndrico vertical e conversor digital acoplado a um microcomputador, a partir de suspensões com 5 mg de amido em 25 mg de água, permanecendo em repouso por 3 horas. Os amidos foram submetidos a aquecimento de 30-120 °C com taxa de 10 °C/minuto, foi determinada a entalpia de gelatinização. O experimento foi conduzido em atmosfera dinâmica com o nitrogênio a 80 ml/minuto. Além das entalpias de gelatinização foram obtidas as características: temperatura inicial ( $T_0$ ) e temperatura de pico da gelatinização ( $T_p$ ).

## 2.10. RAIOS X

Os padrões de difração de raios-X foram determinados utilizando equipamento modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com goniômetro PW3050/60 ( $\theta / \theta$ ), tubo de raios-X cerâmico e anodo de Cu ( $K\alpha_1 = 1,540598 \text{ \AA}$ ), modelo PW3373/00, com foco fino (2200 W / 60 kV), e filtro  $K\beta$  de Níquel. O índice de cristalinidade foi calculado, relacionando as áreas amorfas e cristalinas do difratograma.

## 2.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os dados expressos como média aritmética e desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Os frutos de pupunha foram avaliados quanto à biometria para a apresentação das características da matéria prima. Os frutos apresentaram as seguintes características: comprimento (cm)  $3,97 \pm 0,30$ ; diâmetro (cm)  $4,93 \pm 0,43$  e peso (g)  $45,45 \pm 8,18$ . Yuyama (2009) afirma que os frutos de pupunha podem ser classificados em microcarpo (fruto < de 20 g); mesocarpo (fruto entre 21 e 70 g) e macrocarpo (fruto >70 g). De acordo com Yuyama (2009), os frutos usados para a elaboração da farinha foram classificados como mesocarpos. A composição centesimal da farinha de pupunha é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1- Composição centesimal da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth).

Componentes (g.100 g <sup>-1</sup> )	Farinha de pupunha
Umidade	$9,45 \pm 0,1$
Lipídeos	$10,09 \pm 0,6$
Cinzas	$1,42 \pm 0,03$
Proteínas	$4,83 \pm 0,06$
Fibras Totais	$13,33 \pm 0,2$
Fibras Insolúveis	$10,62 \pm 0,7$
Fibras Solúveis	$2,70 \pm 0,9$
Carboidratos	$60,87 \pm 0,5$

Constituintes em base seca. Valores médios de três repetições com desvios padrões.

Umidade fora das recomendações técnicas resulta em grandes perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica e na qualidade geral dos alimentos.

Segundo a Resolução CNNPA N° 12 da ANVISA (BRASIL, 1978), que regulamenta os parâmetros de qualidade da farinha de trigo, a umidade deve estar abaixo de  $15\text{g}/100\text{g}^{-1}$ .

Os teores de lipídeos e proteínas estão de acordo com Goia et al. (1993) 8,9- 22,4  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  b.s. e 4,1- 6,6  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  b.s, respectivamente, para farinha de pupunha. Em comparação com outras farinhas, como de mandioca ( $1,36\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e de batata ( $1,95\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), as farinhas de pupunha apresentaram valores maiores de proteína. Os teores de carboidratos calculados estão de acordo com Sousa (2011) que obteve valores na faixa de 55,0 - 90,0  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  b.s, para frutos de raça mesocarpa.

### 3.2.CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE PUPUNHA

A Tabela 2 apresenta a caracterização físico química do amido de pupunha. Segundo a Instrução Normativa n° 23 de 14 de dezembro de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005), considera-se como aceitáveis para o amido, valores de umidades menores do que 14 %. Portanto, o amido extraído a partir da farinha de pupunha encontra-se dentro do estabelecido pela legislação vigente.

TABELA 2 – Características físico-químicas do amido de pupunha.

Determinações	Amido de pupunha
pH	3,2 ± 0,00
Acidez titulável (mL.100g <sup>-1</sup> )	2,96 ± 0,27
Umidade (g.100 g <sup>-1</sup> )	12,05 ± 0,02
Cinzas (g.100 <sup>-1</sup> g)	0,08 ± 0,02
Proteínas (g.100 <sup>-1</sup> g)	0,61 ± 0,01
Lipídeos (g.100 <sup>-1</sup> g)	2,27 ± 0,50
Densidade (g.mL <sup>-1</sup> )	1,64 ± 0,1
Amido Total (g.100 <sup>-1</sup> g)	73,19 ± 0,31
Amilose (g.100 <sup>-1</sup> g)	1,74 ± 0,003
Amilopectina (g.100 <sup>-1</sup> g)	70,39 ± 0,001
L*	90,1 ± 0,7
a*	0,1 ± 0,06
b*	8,5 ± 0,07
Rendimento (g.100 <sup>-1</sup> g)	40,12 ± 0,83

Valores médios de três repetições com seus desvios padrões.

Liu (2005) afirma que os grânulos de amido apresentam geralmente entre 0,5 a 2 g.100g<sup>-1</sup> de constituintes que não são carboidratos, incluindo até 0,05 g.100g<sup>-1</sup> de proteínas, 0,1 a 1,7 g.100g<sup>-1</sup> de lipídeos a 0,1 a 0,3 g.100g<sup>-1</sup> de cinzas. Apesar de estarem em baixa concentração, esses constituintes podem ter influências marcantes nas propriedades do amido. O teor de lipídeos encontrado para o amido de pupunha foi superior a 2 g.100g<sup>-1</sup>, estabelecido por Liu 2005. Peroni (2003) relata que os lipídeos são considerados a fração mais importante associada ao amido pois podem complexar com amilose, alterando as propriedades reológicas do amido. Já o teor de proteínas, acima do descrito por Liu 2005, 0,61±0,01 (g.100g<sup>-1</sup>), segundo Peroni 2003, pode ser considerado como impureza, uma vez que este componente pode não estar ligado covalentemente com os polissacarídeos formadores do grânulo.

O teor de amilose nos grânulos de amido varia de acordo com a fonte vegetal (LINEBACK, 1984). Juliano (1993) propôs em estudo realizado com diferentes fontes amiláceas que com teor de amilose acima de 25 % os amidos fossem classificados como de alto valor em amilose; entre 20 a 25 % intermediários, entre 12 a 20 % baixos e entre 5 a 12 % de muito baixo teor em amilose. Entretanto, os teores de amilose encontrados para o amido de pupunha (de 1,74 g.100g<sup>-1</sup>) estão abaixo desta classificação, valores semelhantes foram encontrados por Weber (2009) e Tester e Sommerville (2003) para amido de milho ceroso (1,8 %).

Amidos cerosos são considerados raros e têm aplicações variadas, na indústria de alimentos, têxtil, farmacêutica e cosmética. Na indústria de alimentos é utilizado como ligante, no melhoramento da textura, como gelatinizante, anti-cristalinizante, agente complexante, regulador de acidez, formador de filmes, criopreservante (FREITAS et al., 2003).

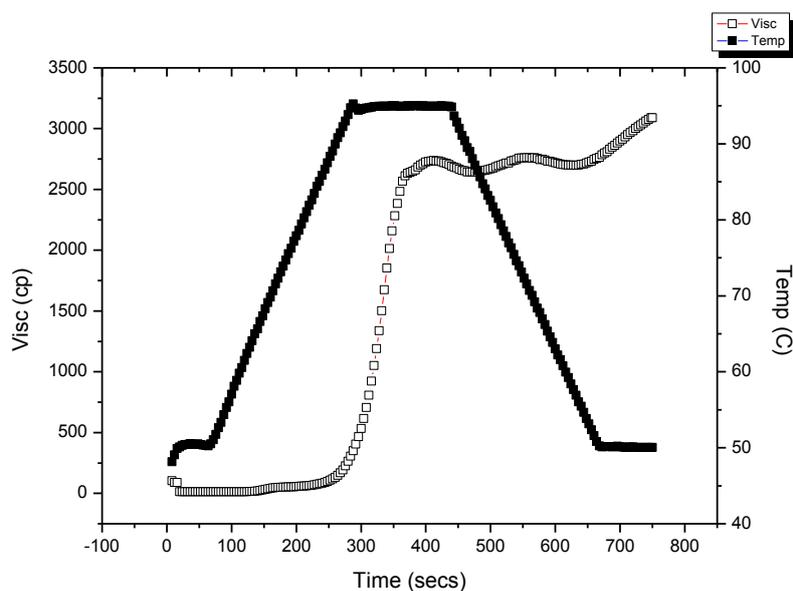
### 3.3.PROPRIEDADES DE PASTA DO AMIDO

As avaliações das propriedades de pasta do amido de pupunha são de particular interesse para definir a maioria de suas aplicações industriais. A determinação do poder de inchamento e índice de solubilidade, associada aos demais dados da caracterização dos amidos, contribuem para melhor estabelecer as possíveis aplicações

O baixo índice de solubilidade em água dos grânulos de amido de pupunha a 80° C ( $2,58 \pm 0,4 \text{ g}100\text{g}^{-1}$ ), vem de encontro com o baixo teor de amilose contido neste amido. O índice de solubilidade do amido de pupunha encontrado corresponde a cerca de 24 % do valor obtido por Silva et al. (2008) para o amido ceroso (modificado e inter cruzado) de milho. O poder de inchamento elevado ( $6,33 \pm 0,01 \text{ g.g}^{-1}$ ), indica a natureza dos grânulos, consequência do alto teor de amilopectina. Com relação ao poder de inchamento o valor encontrado por Silva et al. 2008 foi de  $15,9 \text{ g.g}^{-1}$ . Esta diferença pode estar relacionada ao alto teor de lipídeo residual encontrado nas amostras de amido de pupunha.

Quanto às propriedades viscoamilográficas (Figura 1) a temperatura inicial de pasta do amido de pupunha, de  $92,32 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , indica a elevada cristalinidade dos grânulos, superior a encontrada por Silva et al. (2008) para amidos de mandioca, milho e milho ceroso 65, 80 e 73°C, respectivamente. Indicando que o amido de pupunha produz pastas viscosas mais lentamente. Amidos com esta característica podem ser utilizados em preparações de molhos ou sopas que sofrem cozimento por 5 a 10 minutos, pois seus grânulos entumescem lentamente e apresentam viscosidade mais estável no aquecimento (WEBER, 2009).

FIGURA 1: Viscoamilograma do amido de pupunha.



Denardin e Silva (2009) afirmam que a presença da amilose reduz o ponto de fusão das regiões cristalinas e também a energia para o início da gelatinização, uma vez que mais energia é necessária para iniciar a fusão na ausência de regiões amorfas ricas em amilose. Em função do amido de pupunha conter baixo teor de amilose (1,3- 1,74 g.100 g<sup>-1</sup>), este comportamento não ocorre. Portanto, a baixa concentração de amilose no amido de pupunha explica a alta temperatura inicial de pasta. Em relação à viscosidade máxima do amido de pupunha no aquecimento (1526±8 cp) encontraram-se valores quase três vezes superiores aos encontrados por Silva et al. (2008) para o amido de milho ceroso (562 cp). Analisando a viscosidade final pode-se observar que o amido apresenta alta viscosidade final (no resfriamento), demonstrando resistência e estabilidade ao cozimento sob agitação, característica de grande interesse quanto a aplicação em vários setores industriais, desde a indústria de alimentos até a química.

Os valores para quebra e retrogradação foram iguais a zero, este comportamento pode ser justificado devido ao baixo conteúdo de amilose no grânulo de amido de pupunha, já que no primeiro estágio da retrogradação a principal molécula envolvida é a amilose (BILIADERIS, 1992). Os grânulos de amido de pupunha incham, sem apresentar significativa redução da viscosidade durante o período de agitação do gel, o que é atribuído ao elevado teor de amilopectina, não ocorre rompimento do grânulo. Singh et al. (2003) descrevem o conteúdo de amilose como sendo um dos fatores que influenciam a retrogradação do amido. Portanto, um elevado teor de amilopectina tem sido tradicionalmente ligado a uma menor tendência a retrogradação nos amidos, indicando assim possibilidade de aplicação deste amido na formulação de produtos que exijam esta característica tecnológica.

### 3.4.PROPRIEDADES TÉRMICAS DO AMIDO

Os grânulos de amido, quando aquecidos em excesso de água, sofrem mudanças estruturais e morfológicas significativas, incluindo o inchamento do grânulo, devido à absorção de água, perda de cristalinidade, devido ao rompimento das ligações de hidrogênio entre amilopectina-amilopectina, amilopectina-amilose e amilose-amilose, com a lixiviação da amilose. Esse conjunto de alterações é geralmente referenciado como gelatinização do amido e ocorre em intervalos de temperatura que dependem da origem botânica (CHARLES, 2005). A gelatinização do amido de pupunha ocorreu na temperatura  $T_p$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) =  $89,83 \pm 0,03$ , demonstra comportamento aproximado ao observado na análise das propriedades de pasta pelo RVA. O resultado obtido na determinação da entalpia de gelatinização  $\Delta H_{\text{gel}}$  ( $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ ) =  $5,68 \pm 0,03$ , indica que o amido necessita de pouca energia para que ocorra o intumescimento dos grânulos pela absorção de água e elevação da temperatura (gelatinização).

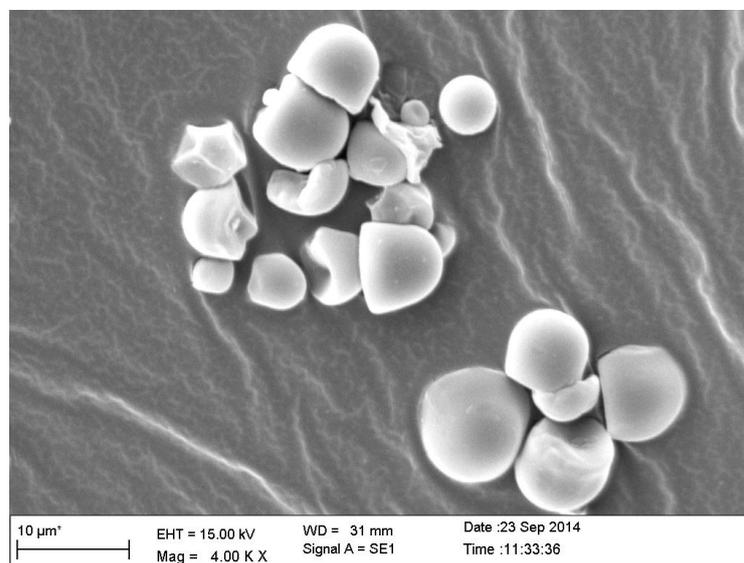
Em 1992, Cooke e Gidley sugeriram que o  $\Delta H$  de gelatinização reflete, primeiramente a perda da conformação das duplas hélices e depois a perda de cristalinidade dos amidos quando submetidos à gelatinização. Explicando que amidos que apresentam baixo teor de amilose tem suas duplas hélices formadas basicamente pelas extremidades da amilopectina e estas requerem baixa energia para perder a conformação durante a gelatinização. Fato que explica o valor de  $\Delta H$  de gelatinização do amido de pupunha ser menor que amidos de outras fontes botânicas, como milho ( $\Delta H_{\text{gel}} = 7,5$ ), arroz ( $\Delta H_{\text{gel}} = 8,8$ ), trigo ( $\Delta H_{\text{gel}} = 8,1$ ) e mandioca ( $\Delta H_{\text{gel}} = 17,0$ ) (MESTRES, MOUQUET, 1996).

A temperatura de partida para a gelatinização ocorre quando a água entra na região amorfa e torna-se menos ordenada. Devido à alta concentração de amilopectina, a estrutura limita a acessibilidade da água, retardando assim a gelatinização. Isto leva a um maior intervalo entre as temperaturas inicial  $T_0$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) =  $82,76 \pm 0,03$  e final  $T_F$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) =  $95,14 \pm 0,04$ , devido a gelatinização das regiões mais cristalinas (NODA et al. 2006; OLIVEIRA et al. 2009). Com base nos resultados do DSC, pode-se afirmar que os grânulos do amido de pupunha são resistentes e menos suscetíveis à ruptura com aquecimento (ASCHERI et al. 2010).

### 3.5.MORFOLOGIA DO AMIDO

A micrografia do grânulo de amido de pupunha encontra-se ilustrada na Figura 2, demonstrando que os grânulos têm forma arredonda, ovalada e convexa bicôncava, com tamanhos variados. O diâmetro médio se encontra na faixa de 5 a 10  $\mu\text{m}$ . Observa-se que as superfícies dos grânulos são lisas, sem irregularidade ou porosidade superficial. Valores inferiores ao encontrados para o amido de gengibre com diâmetros médios de 14,5  $\mu\text{m}$ , (Ferrari, Leonel e Sarmiento 2005) e jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*) de 10 a 25  $\mu\text{m}$  (Leonel 2007). O que nos leva a observar que os grânulos de amido de pupunha são pequenos. Grânulos com menores tamanhos apresentam, em geral, elevada temperatura inicial de pasta, o que foi observado nos resultados encontrados nas curvas de viscosidade.

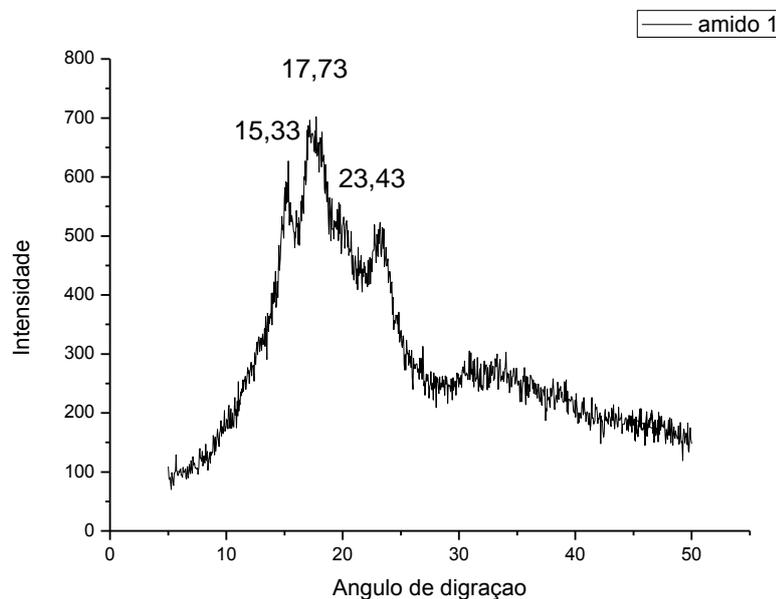
FIGURA 2: Morfologia dos grânulos de amido de pupunha



### 3.6. RAIOS X

As longas cadeias de polissacarídeos do grânulo de amido se associam entre si por meio de ligações de hidrogênio, resultando em cristalinidade, que é característica da amilopectina. Com base na cristalinidade, o amido pode ser classificado em três tipos A, B e C, das quais A e B encontram-se presentes nos cereais e C considerado uma mistura dos tipos A e B, encontrado na maioria dos tubérculos, leguminosas e sementes (CONRRADIN, 2005). Através dos difractogramas de raio X (Figura 3) pode-se observar que os amidos de pupunha apresentaram um padrão de difração do tipo A. Shi et al. (1998) afirmaram que a amilopectina do amido classificado como ceroso normalmente tem uma proporção maior de moléculas com cadeias curtas (ramificações) e estes amidos possuem um padrão de difração do tipo A.

FIGURA 3: Raio-X do amido de pupunha.



O padrão de difração de raio-X encontrado para o amido de pupunha é próximo ao comportamento do grânulo, com características cristalográficas que justificam a alta temperatura inicial de pasta e o baixo índice de solubilidade. O índice de cristalinidade do grânulo de amido de pupunha estudado foi de 44,44 %, valor superior em comparação a outras fontes botânicas, como amido de milho 32%, fécula de batata 36%, banana verde 33% e trigo 26% (LIMA et al. 2012). O grau de cristalinidade encontrado está de acordo com o estabelecido para os amidos nativos entre 20% e 45% (VAN, VLIEGENTHART, 1997).

#### **4. CONCLUSÃO**

A pupunha, pode ser considerada fonte de amido de boa qualidade e com características tecnológicas de grande interesse para o mercado desta raça de produto. O teor de amilose encontrado no amido de pupunha permite que ele seja classificado como amido ceroso. Os resultados do perfil de viscosidade do amido de pupunha demonstraram que apesar de conter pouca amilose o gel formado por este amido é resistente ao aquecimento, mantendo seu comportamento viscoso por mais tempo. Estes resultados foram confirmados após a análise térmica.

Amidos nativos com estas características são raros e são interessantes para a indústria, pois podem ter aplicações variadas em diversos setores e este trabalho demonstra que é viável extrair amido de pupunha de elevada qualidade o ano inteiro.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à PROPESP/UFPA, UFSC, CAPES e CNPq, que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AACC, American Association of Cereal Chemists , Approved methods. 8th ed. Saint Paul, 2012, 2v.

AOAC. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Washington, 2012.

Ascheri, D. P. R.; Moura, W. S.; Ascheri, J. L. R.; Carvalho, C. W. P., Caracterização Física e Físico-Química dos Rizomas e do Amido do Lírio-do-Brejo (*Hedychium Coronarium*). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 1996, v. 4, p. 159-166, 2010. Poutanen, K. & Forsell, P. - *Trends Polymer Sci*, 4, p.128.

Biliaderis, C. G. (1992). Structures and fase transitions of starch in food systems. *Food Technology*.v. 46, n. 6, p. 98-109.

Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005.

Brasil, Resolução CNNPA Nº 12, de 24/ 07/ 1978. Regulamento técnico sobre padrões de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário oficial. Brasília, DF.

Cereda, M. P., Propriedades Gerais de Amido. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, v. 1), *Fundação Cargill*, São Paulo, 2001, v. 1. Cap. 8. 221p.

Cereda, M.P.; WOSIACKI, G., Characterization of pinhão starch. Part II. Rheological properties of the pastes. *Starch/Stärke*, 2003, v. 37, n. 12, p. 404-407.

Charles AL, Chang YH, Ko WC, Sriroth K, Huang TC. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *J. Agric. Food Chem*, 2005, 53: 2717-2725.

Cooke, D.; Gidley, M. J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition. *Carbohydrate* , 1992, v. 227, p. 103-112.

Corradini, E.; Lotti, C.; Medeiros, E. S.; Carvalho, A. J. F.; et al. , - *Polímeros*, 2005, 15, p.268.

Cruz, R. y., Dash, A. A., Isolamento e caracterização de amido de chuchu. *Revista Ceres*, 1984, 31(175):173-188.

Denardin, C. C.; Silva, L. P., Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, 2009, v. 39, n. 3.

Ferrari, T. B.; Leonel, M.; Sarmiento, S. B. S., Aproveitamento do gengibre (*Zingiber officinale*) de qualidade inferior como matéria-prima amilácea. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, Botucatu, 2005, v. 1, p. 9-18.

Fonfría, M. A.; Orenge, V. A.; Alcaina, M. A.; Ferrer, M. J.; Romero, V. E., Desenvolvimento e Tamanho Final do Fruto. Porto Alegre: Cinco Continentes. 1996, 102 p.

Freitas R. A.; Paula, R. C.; Feitosa, J. P. A.; Rocha, S.; Sierakowski M.R., A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. *Carbohydrate polymers*, 2003, v. 51, p. 25-32.

Goia, C. H.; Andrade, J. S.; Aragão, C. G. Composição química da farinha de pupunha. *Revista Química Industrial*, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1993.

Juliano, B.O. Grain structure, composition and consumers' criteria for quality. In: Juliano, B. O. Rice in human nutrition. Rome: *FAO*, 1993, 162 p. cap. 3.

Krueger. B. R. Knutson. C. A. Inglett. G. E. and Walker, C. E., A differential scanning calorimetry study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch. *J. Food Sci.* 1987, (In press).

Leach, H. W.; Mccowen, L. D.; Schoch, T. J., Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, 1959, v. 36, n. 6, p. 534-544.

Leonel, M., Análise da forma e tamanho de grânulos de amido de diferentes fontes botânicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2007, v. 27, n. 3, p. 579-588.

Lima N. B.; Cabral T.B.; Neto P. C.; Tavares M. I. B.; et al. , Characterization of commercial edible starch flours, *Polímeros*, São Carlos, 2012, vol.22 no.5.

Lineback, D. R., The starch granule: organization and properties. *Bakers Digest*, 1984 ,v. 58, n. 2, p. 16-21.

Liu, Q., Starch Modifications and Applications. In: *CUI, S. W* (Ed.). *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*, CRC Press, 2005. cap. 8, p. 357-406.

Mc Cready, R. M.; Hassid, W.F. The separation and quantitative estimation of amilose an amilopectina in potato starch. *Journ. of the American Chemical Society*, 1943, v. 65, p. 1154.

Melo Neto, B. A.; Barbosa, A. A.; Santos Leite, C. X.; Almeida, P. F., et al., Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejibaye fruit (*Bactris gasepaes* Kunth.). *Act. Scientific. Technologie.* , 2015/, v. 37, n.1, p. 105-110.

Mestres, C.; Mouquet, C. Almidon - Propiedades físico - químicas, funcionales y nutricionales. Usos. In: *Principios físico-químicos de la viscosidad de suspensiones de almidones*. Proceedings of. Quito - Equador: *Fundacyt y Senacyt*, Quito – Equador, 1996. p. 23-40.

Noda, T.; Tsuda, S.; Mori, M.; Takigawa, S.; Matsuura-endo et al., Determination of the Phosphorus Content in Potato Starch using an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Method. *Food Chemistry*, 2006, v. 95, p. 632-637.

Oliveira, T.M.D.; Pirozi, M.R.; Borges, J.T.D.S.; Germani, R., et al. , Caracterização do Amido de Grão-de-Bico (*Cicer Arietinum* L). *Boletim do Centro Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v. 27, p. 27-42, 2009.

Peroni, F.H.G., Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas, 118p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) –Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, SP, 2003.

Richardson, S.; Gorton, L., Characterisation of the substituent distribution in starch and cellulose derivatives. *Analyt. Chemic. Acta*, 2003, v.497, p. 27-65.

Shi, Y. C. et al. Molecular structure of a low-amylopectin starch and other high-amylose maize starches. *Journal of Cereal Science*, 1998, v. 27, p. 289-299.

Silva, R.M.; Ferreira, G.F.; Shirai, M.A.; Haas, A.; Scherer M. L., et al., Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2008, v. 28, n. 1, p. 66-77.

Singh, N., Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 2003. v.81, n.219-231.

Sousa, E. P. D.; Soares, N. S.; Cordeiro, S. A.; Silva, M. L. D., Competitividade da produção de palmito de pupunha no Espírito Santo e em São Paulo. *Revist. de Econom. e Sociolog. Rural*, 2011, v. 49, n. 1, p. 157-179.

Tester, R. F.; Sommerville, M. D., The effects of non-polysaccharides on the extent of gelatinization, swelling and alfa-amylase hydrolysis of maize and wheat starches. *Food Hydrocolloids*, 2003, v. 17, p. 41-54.

Van Soest, J. J. G & Vliegenthart, J. F. G. - *Tibtech*, 15, p.208, 1997.

Vandeputte, G.E.; Delcour, J.A., From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. *Carbohydrat. Polym.*, 2004, v.58, p.245-266.

Weber, F.H.; Collares-queiroz F.P.; Chang, Y.K., Caracterização físicoquímica, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2009, v.29, n.4, p.748- 753.

Williams, P. C.; Kuzina, F. D.; Hlynka, I. A., Rapid colorimetric procedure for estimating the amylase content of starch on fluors. *Cereal Chemistry*, 1970, v. 47. n. 4. p. 412-420.

Yuyama, L.K.O.; Aguiar, J.P.L.; Clement, C.R.; Macedo, S.H.M. et al., Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia. *Internat. Journ. Of Food Scienc. And Nutrition*, UK, Brazil, 2003, v. 54, p. 49-56.

## CONCLUSÃO GERAL

As farinhas de pupunha apresentaram importante valor nutricional e energético. As análises das propriedades funcionais demonstraram o potencial de seu uso em formulações de produtos de panificação, biscoitos, bolos, produtos cárneos e empanados. Considerando que a farinha de pupunha não contém glúten, apresenta-se como uma opção de matéria prima saudável para a elaboração de produtos destinados a consumidores específicos.

A pupunha pode ser fonte de amido de qualidade, com bom rendimento, independente da raça ou método de extração, a caracterização do amido de pupunha demonstrou claramente a predominância de amilopectina, por consequência valores muito baixo de amilose o que permite sua classificação como amido ceroso. Um amido raro e de grande interesse industrial, com diversas áreas de aplicação. O amido ceroso de pupunha possui elevadas temperatura de gelatinização e viscosidade máxima, com baixa tendência a retrogradação. Diferentemente do amidos cerosos em geral, o amido ceroso de pupunha forma pastas resistentes a longos períodos de aquecimento sob constante agitação, tais característica indicam a potencialidade de utilização desta nova matéria- prima, sem a necessidade de modificações químicas ou físicas, para alterar a estrutura do grânulo para obter tais funcionalidades.

A indústria de alimentos e os produtores agrícolas estão interessados na identificação e no cultivo e melhoramento de espécies que produzam amidos nativos com características especiais. Desse modo, estes amidos poderiam substituir os modificados quimicamente e resultar na abertura de novos mercados para este fruto.

**ANEXO 1 - TRABALHOS DESENVOLVIDOS DURANTE O PERÍODO DE  
REALIZAÇÃO DO DOUTORADO E QUE ESTÃO RELACIONADOS A TESE**

**1. PATENTES**

- **COMPOSIÇÃO ALIMENTÍCIA, CASQUINHAS ELABORADAS COM FARINHA DE PUPUNHA PARA CONSUMO COM SORVETES** foi depositado junto ao INPI sob o número **BR 10 2017 000518-6**. Conforme **RPI N° 2403 de 24/01/2017**. O pedido será mantido em sigilo por 18 meses a contar da data do depósito.

- **MASSA ALIMENTÍCIA ELABORADA COM FARINHAS MISTA CONTENDO FARINHA DE PUPUNHA, OBJETIVANDO SUBSTITUIÇÃO TOTAL À FARINHA DE TRIGO** foi depositado junto ao INPI sob o número **BR 10 2017 000535-6**. Conforme **RPI N° 2403 de 24/01/2017**. O pedido será mantido em sigilo por 18 meses a contar da data do depósito.

- **FARINHA DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes kunth*) COMO FONTE NATIVA DE AMIDO CEROSO** foi depositado junto ao INPI sob o número **BR 20 2017 017648-7**. De **17/08/2017**. O pedido será mantido em sigilo por 18 meses a contar da data do depósito.