

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

LETÍCIA FREIRE DE OLIVEIRA

**RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE PALMITO DE
PUPUNHA: ESTUDO FÍSICO, QUÍMICO, TECNOLÓGICO E
TOXICOLÓGICO.**

Goiânia
2015

LETÍCIA FREIRE DE OLIVEIRA

**RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE PALMITO DE
PUPUNHA: ESTUDO FÍSICO, QUÍMICO, TECNOLÓGICO E
TOXICOLÓGICO.**

Dissertação apresentada à coordenação do Programa de Pós-Graduação, em Ciências e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Damiani

Coorientadores: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva

Profa. Dra. Raquel de Andrade Cardoso Santiago

Goiânia
2015

Dedico este trabalho à Deus, Pai, criador e fonte de sabedoria, que guiou todos meus passos para que conseguisse chegar até aqui.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, primeiramente, pelo dom da vida e da sabedoria, pelo discernimento que me destes, pela família e amigos que colocastes em meu caminho e todas as bênçãos que tens derramado em minha vida a cada dia.

Aos meus pais, Fátima, Luiz e meu irmão Rafael, pelo amor, companheirismo e por terem me ajudado nos momentos de difíceis e pelo apoio, para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

À Profa. Dra. Clarissa Damiani, minha querida orientadora, pela confiança, carinho, atenção, apoio e conhecimento repassados para o meu amadurecimento científico. Meus sinceros agradecimentos e respeito.

Ao meu co-orientador e coordenador do programa de Pós-graduação de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFG, Flávio Alves Silva, por ter me estendido a mão sempre que precisei, ajudando sempre a conseguir os reagentes e verbas, para as análises, que vieram à contribuir para o enriquecimento do meu trabalho.

À minha co-orientadora, Raquel de Andrade Cardoso Santiago, pelas contribuições e sugestões dadas.

À banca examinadora deste trabalho, pelo tempo dedicado à leitura e avaliação do meu trabalho.

À Profa. Dra. Ellen Souza, minha amiga e sempre professora, pelo apoio, amizade, por cada palavra de ânimo e incentivo que me deu e pela confiança à mim depositada.

À pesquisadora Fernanda Becker, pela idealização do projeto inicial e conhecimentos compartilhados.

À agroindústria Casa Verde, pela disponibilidade da matéria-prima, a qual utilizei em todo meu trabalho.

À empresa LNF Latino Americana, pela doação de lotes enzimáticos para realização das análises de fibra e amido disponível e amido resistente.

Ao professor Eduardo R. Asquiere, por ter disponibilizado o laboratório de Pesquisa em Química e Bioquímica de Alimentos, da Escola de Farmácia-UFG, no qual realizei a maior parte do meu projeto e pelos ensinamentos valiosos à mim confiados.

À pesquisadora Aline Gomes, por ter me ajudado com algumas análises, repassando seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos da Cunha, por ter disponibilizado o biotério e sala do NEPET, da Escola de Farmácia-UFG, para a realização das análises toxicológicas e pelo conhecimento compartilhado.

Às pesquisadoras Dorcas e Marina, por terem me orientado na manipulação dos animais e treinamento das análises toxicológicas.

À pesquisadora Tatiane V. Chagas, pelo auxílio nas análises toxicológicas.

Ao Prof. Dr. Luiz Augusto B. Brito, por ter disponibilizado o laboratório de Patologia Animal, da Escola de Veterinária e Zootecnia-UFG, para realização das análises histológicas.

Ao pesquisador Danilo, pela orientação na análise histológica e ao técnico administrativo Antônio, pela ajuda no preparo das lâminas histológicas.

À Profa. Dra. Maria Raquel Hidalgo Campos, pelo conhecimento repassado e disponibilidade do Laboratório de Microbiologia, da Faculdade de Nutrição-UFG, para realização das análises microbiológicas e à pesquisadora Sarah Inês, pela orientação nas análises microbiológicas.

À Maria Teresa B. Pacheco e à pesquisadora Vera Sonia N. da Silva, por terem contribuído com as análises de açúcares, aminoácidos, digestibilidade de proteína e tripsina.

À minha amiga e colega de casa, Lismaíra, pelos conhecimentos compartilhados, pela paciência e companhia.

Às minhas amigas Marianny e Midiana, por ficarem comigo várias noites e madrugadas no laboratório, me ajudando no processamento do resíduo de pupunha, pelo companheirismo e amizade, palavras de conforto e solidariedade nos momentos mais difíceis.

Às minhas colegas de mestrado, Mara Núbia, Patrícia, Kátia, Kássia, Ladyslène e seu esposo Magno, pela solidariedade e ajuda no processamento do palmito.

Às minhas estagiárias Vânia, Mariane, Joyce e Camila, pela ajuda concedida em várias análises.

Aos técnicos administrativos, garagem, motoristas e CEMEQ, por me ajudarem nos mais diversos problemas, e principalmente pela disponibilidade de veículos para as viagens de busca da matéria-prima. Aos guardas que zelaram por minha segurança nas inúmeras noites que passei no laboratório.

Aos meus colegas Marcos, Edson Pablo, Weliton, Alexandre, Artur e Filipe, que me ajudaram à buscar equipamentos, materiais e reagentes, ração, maravalha e camundongos, disponibilizando o seu tempo e veículo.

Ao meu amigo André Felipe, pelas palavras de incentivo e apoio.

Às minhas amigas Aline, Marjory e Ladiani, que sempre me deram o maior incentivo moral, aguentaram meus desabafos e me apoiaram sempre na trajetória do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos,

E à todos que colaboram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, meu mais sincero, muito OBRIGADA!!!

“Sois meu refúgio e minha cidadela, meu Deus, em que eu confio”.
Salmos 91, 2.

"Que seu remédio seja o seu alimento, e que seu alimento seja o seu remédio".
Hipócrates.

RESUMO

A pupunheira é uma palmeira nativa dos trópicos úmidos da Amazônia, utilizada para a produção de palmito *in natura* ou em conserva, tornando-se uma importante alternativa para a redução da exploração predatória de outras palmeiras. As bainhas, externa, mediana e interna, que envolvem a parte nobre, denominada palmito, não são aproveitadas durante o processamento do palmito em conserva, gerando toneladas de resíduos, sendo, a produção de farinha, excelente alternativa para o aproveitamento desses. Este trabalho, portanto, teve como objetivo o estudo físico, químico, tecnológico e toxicológico, da farinha das bainhas residuais, externa, mediana e interna, da pupunha (FP). A farinha obtida possui baixo teor de umidade (4,74%), proteínas (5,03 g(100g)⁻¹), lipídios (2,12 g(100g)⁻¹), fibra alimentar solúvel (3,40 g(100g)⁻¹), cinzas (4,69 g(100g)⁻¹) e alta quantidade de fibra alimentar insolúvel (49,53 g(100g)⁻¹). Em relação à absorção em água, leite e óleo, a farinha apresentou boa capacidade de absorção. A farinha apresentou baixa acidez (1,36%), coloração clara e atrativa, e a granulometria apresentou-se entre fina e muito fina. Notou-se, também, alta quantidade de amido resistente (20%) e a presença de açúcares redutores como, frutose (6,70 g(100g)⁻¹) e glicose (7,50 g(100g)⁻¹). Os aminoácidos mais expressivos foram o ácido glutâmico (392,63 mg(100g)⁻¹) arginina (363,76 mg(100g)⁻¹) e ácido aspártico (348,93 mg(100g)⁻¹). A FP e as bainhas residuais, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN), apresentaram baixa quantidade de ácido fítico, taninos condensados e hidrolisados. A FP apresentou 100 % de digestibilidade de proteína, e o extrato aquoso liofilizado da farinha das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), apresentou baixa toxicidade. Os resultados deste estudo sugerem que a FP pode ser empregada em produtos de panificação, como pães, biscoitos e bolos, além da aplicação em produtos cárneos, bebidas lácteas, queijos, entre outros, contribuindo, nutricionalmente, na adição ou substituição parcial à farinha de trigo, em alimentos industrializados, sem que haja redução da biodisponibilidade de nutrientes, representando também, segurança toxicológica, devido à ausência de compostos tóxicos no EP.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais, aminoácidos, amido resistente, açúcares redutores, *Bactris gasipaes* Kunth, toxicidade aguda.

ABSTRACT

The peach palm is a native Palm from humid tropics of the Amazon, used for the production of palm raw or pickled, becoming an important alternative to reduction of predatory exploitation of other palms. The sheath, external, middle and internal, that involve the noble party, called palm or palmetto, are not used during the plucked of palm processing, yielding tons of waste, and the production of flour, is an excellent alternative to the use of these. This research, therefore, aimed the physical, chemical, technological and toxicological study, of the waste sheaths flour, external, middle and internal, peach palm (PF). The flour has a low moisture content (4.74%), proteins (5.03 g(100g)⁻¹), lipids (2.12 g(100g)⁻¹), soluble dietary fiber (3.40 g(100g)⁻¹), ash (4.69 g(100g)⁻¹) and high content of insoluble dietary fiber (49,53 g(100g)⁻¹). Regarding water absorption, milk and oil, the flour had good absorption capacity. The flour showed low acidity (1.36%), clear and attractive coloring, and the particle size was presented between fine and very fine. It was noted, also, high amount of resistant starch (20%) and the presence of reducing sugars as fructose (6.70 g(100g)⁻¹) and glucose (7.50 g(100g)⁻¹). The most significant amino acid were glutamic acid (392.63 mg(100g)⁻¹), arginine (363.76 mg(100g)⁻¹), aspartic acid (348.93 mg(100g)⁻¹). The PF and waste sheaths, external, middle and internal, fresh, of peach palm (WP) showed low amounts of phytic acid, condensed tannins and hydrolysates. The PF showed 100% of protein digestibility, and the lyophilized aqueous extract of waste sheaths flour, external, middle and internal of peach palm (PE), showed low toxicity. The results of this research suggest that the PF can be used in bakery products such as breads, cookies and cakes, besides the application in meat products, milk drinks, cheese, among others, contributing, nutritionally, in addition or partial replacement of flour wheat in processed foods, without to reduce the bioavailability of nutrients, representing too, toxicological safety, due to the absence of toxic compounds in PE.

Key-words: Agro-industrial residues, amino acids, resistant starch, reducing sugars, *Bactris gasipaes* Kunth, acute toxicity.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE EQUAÇÕES | 12 |
| LISTA DE FIGURAS | 13 |
| LISTA DE TABELAS | 14 |
| LISTA DE QUADROS | 16 |
| CAPÍTULO 1 | 17 |
| 1. INTRODUÇÃO | 17 |
| 2. OBJETIVOS | 19 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 19 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 19 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 3.1 Aspectos botânicos da pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth) | 20 |
| 3.2 Aspectos Socioeconômicos | 21 |
| 3.3 Características da Pupunha..... | 22 |
| 3.4 Aproveitamento de resíduos..... | 24 |
| 3.5 Propriedades tecnológicas dos alimentos | 25 |
| 2.5.1 Absorção de água e óleo | 26 |
| 2.5.2 Formação de espuma | 27 |
| 2.5.3 Emulsificação | 27 |
| 2.5.4 Formação de gel | 28 |
| 2.6 Fibra alimentar | 30 |
| 2.7 Estudos de toxicidade <i>in vivo</i> | 32 |
| REFERÊNCIAS | 35 |
| CAPÍTULO 2 (Artigo científico 1) | 46 |
| ABSTRACT | 48 |
| 1. INTRODUÇÃO | 49 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 51 |
| 2.1 Obtenção matéria-prima..... | 51 |
| 2.2 Preparo da farinha | 51 |
| 2.3 Análises físicas..... | 52 |
| 2.3.1 Avaliação dos Parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , chroma e angle hue. | 52 |
| 2.3.2 Granulometria..... | 52 |
| 2.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)..... | 52 |

| | |
|---|------------|
| | 10 |
| 2.4 Composição química e nutricional..... | 53 |
| 2.5 Propriedades tecnológicas..... | 53 |
| 2.6 Delineamento estatístico..... | 54 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 55 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 69 |
| REFERÊNCIAS..... | 70 |
| CAPÍTULO 3 (Artigo científico 2)..... | 78 |
| ABSTRACT..... | 80 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 81 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 83 |
| 2.1 Obtenção matéria-prima..... | 83 |
| 2.2 Preparo da farinha..... | 83 |
| 2.3 Amido disponível e amido resistente..... | 84 |
| 2.4 Açúcares solúveis..... | 85 |
| 2.5 Perfil de minerais..... | 85 |
| 2.6 Perfil de aminoácidos..... | 85 |
| 2.7 Compostos fenólicos..... | 85 |
| 2.8 Capacidade antioxidante..... | 86 |
| 2.9 Delineamento estatístico..... | 86 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 87 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 96 |
| REFERÊNCIAS..... | 97 |
| CAPÍTULO 4 (Artigo científico 3)..... | 103 |
| ABSTRACT..... | 105 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 106 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 108 |
| 2.1 Obtenção matéria-prima..... | 108 |
| 2.2 Preparo da farinha..... | 108 |
| 2.3 Fatores antinutricionais e digestibilidade <i>in vitro</i> de proteína..... | 109 |
| 2.4 Análise de toxicidade..... | 109 |
| 2.4.1 Preparo do extrato aquoso..... | 109 |
| 2.4.2 Descrição dos animais..... | 110 |
| 2.4.3 Toxicidade aguda de classe..... | 110 |
| 2.4.4 Delineamento Estatístico..... | 111 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 112 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 4. CONCLUSÃO | 120 |
| REFERÊNCIAS | 121 |

LISTA DE EQUAÇÕES

Capítulo 3:

Equação 1: Cálculo de amido disponível.....82

Equação 2: Cálculo de amido resistente.....82

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1:

Figura 1: Palmeira *Bactris gasipaes* (Pupunha). A) Entrenós espinhentos. B) Cacho com frutos C) Vista superior, vista e corte longitudinal do fruto e semente. Adaptado de: LETERME et al. 2005.....18

Capítulo 2:

Figura 1: Microscopia eletrônica de varredura da Farinha de Pupunha. A e B: aumento de x100, 100µm.....55

Figura 2: Microscopia eletrônica de varredura da Farinha de Pupunha. C e D, aumento de x500, 50 µm.....55

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2:

Tabela 1: Avaliação de parâmetros de cor L*, a*, b*, Chroma (C) e hue (°h), da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....56

Tabela 2: Análise granulométrica da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....57

Tabela 3: Análises de pH, Acidez Titulável Total e Atividade de água da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....59

Tabela 4: Composição nutricional da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....61

Tabela 5: Propriedades tecnológicas da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....66

Capítulo 3:

Tabela 1: Teor de Amido disponível e Amido resistente e açúcares solúveis (frutose, glicose e sacarose) da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....88

Tabela 2: Composição mineral da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....90

Tabela 3: Perfil de aminoácidos na farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).....92

Tabela 4: Compostos fenólicos e capacidade antioxidante da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt) e do resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, in natura, do palmito de pupunha (PN).....94

Capítulo 4:

Tabela 1: Avaliação de compostos antinutricionais da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) e do resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, in natura, do palmito de pupunha (PN). E digestibilidade *in vitro* de proteína da FP.....113

Tabela 2: Média dos valores obtidos no consumo de água, consumo de ração e produção de excretas dos camundongos *Swiss*, machos e fêmeas, avaliados por 14 dias, nos grupos controle e tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 e 300 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.....118

Tabela 3: Massa relativa dos órgãos (fígado e rins), após eutanásia dos camundongos *Swiss*, machos e fêmeas, tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 e 300 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.....119

LISTA DE QUADROS

Capítulo 4:

Quadro 1: Análise histológica do fígado e rins de camundongos *Swiss* machos, do grupo controle e grupos tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.....119

Quadro 2: Análise histológica do fígado e rins de camundongos *Swiss* fêmeas, do grupo controle e grupos tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.....120

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira multicaule, nativa dos trópicos úmidos da Amazônia. Destaca-se como uma espécie versátil, pois a árvore é destinada à produção de palmito; quando adulta, à produção de frutos para consumo humano e animal e, quando do desbaste, para fins de renovação do plantio. O estipe é destinado à confecção de móveis, artefatos pequenos, objetos e instrumentos de percussão (YUYAMA et al., 1991).

A pupunha apresenta uma série de vantagens para produção de palmito, em relação às outras palmeiras nativas, como o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e a juçara (*Euterpe edulis* Mart.), das quais destacam-se a precocidade, perfilhamento da planta mãe, qualidade do palmito, facilidade nos tratamentos culturais, entre outras (MORO, 1996).

Do ponto de vista energético, o valor alimentício do palmito é muito baixo, porém, pode ser considerado bom fornecedor de minerais, além de fornecer significantes quantidades de fibras, vitaminas e aminoácidos importantes (FREITAS; FUGMAN, 1990; GALDINO; CLEMENTE, 2008). De acordo com Lima e Marcondes (2002), o palmito é encontrado nas pontas das palmeiras, onde formam-se as folhas, sendo constituído por três ou mais camadas de proteção ou bainhas: externa, mediana e interna. Essas bainhas, que envolvem o palmito, são fibrosas e não são utilizadas no processamento do palmito em conserva, gerando toneladas de resíduos.

Atualmente, muitos estudos têm sido realizados utilizando-se resíduos agroindustriais do processamento de alimentos, visando à redução do impacto ambiental e do desperdício. A produção de farinha, à partir das bainhas residuais de pupunha, como um subproduto industrial, por exemplo, torna-se alternativa para a minimização de resíduos para a indústria de alimentos, agregando valor quando adicionada em alimentos industrializados, devido ao seu baixo valor calórico e considerável teor de fibras e sais minerais.

Tendo em vista a importância do aproveitamento dos resíduos orgânicos, em particular, do processamento de palmito de pupunha, este trabalho teve como objetivo a produção de farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) e estudar a composição química, física, tecnológica e toxicológica, a fim de comprovar sua

contribuição nutricional e inocuidade à saúde humana, para posterior adição em produtos alimentícios industrializados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivou-se, com este trabalho, a produção de farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) e o estudo da composição química, física, tecnológica e toxicológica, a fim de comprovar sua contribuição nutricional e inocuidade à saúde humana, para posterior adição em produtos alimentícios industrializados.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as características nutricionais da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP)
- Avaliar as características químicas da FP
- Avaliar as características físicas da FP
- Avaliar as propriedades tecnológicas da FP
- Avaliar os antinutrientes e antioxidante da FP e do resíduo *in natura*
- Digestibilidade *in vitro* de proteína da FP
- Avaliar a toxicidade aguda do extrato aquoso liofilizado da farinha em camundongos *Swiss*, machos e fêmeas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos botânicos da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth)

A pupunheira ou pupunha (Fig. 1), pertence à família *Palmae* (Arecaceae) e ao gênero *Bactris*, o qual apresenta grande número de espécies, porém, a mais cultivada é a *Bactris gasipaes* Kunth (CLEMENT, 1988). Esta é uma planta perenifólia, com estirpe ereta e diâmetro que varia entre 15 à 30 centímetros, podendo atingir de 15 à 20 metros de altura e, em alguns casos, até 25 metros (CAVALCANTE, 1991).

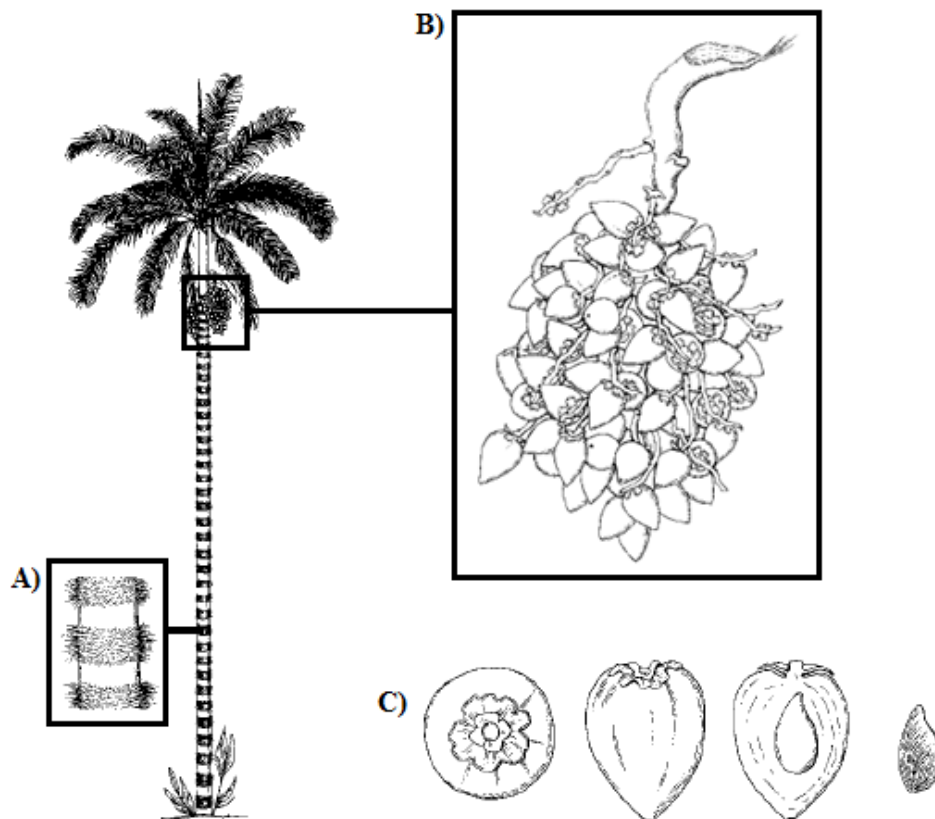


Figura 1: Palmeira *Bactris gasipaes* (Pupunha). A) Entrenós espinhentos. B) Cacho com frutos C) Vista superior, vista e corte longitudinal do fruto e semente. Adaptado de: LETERME et al. 2005.

Nativa da região Amazônica, a pupunheira é utilizada para a produção de palmito in natura ou em conserva, tornando-se importante alternativa para a redução da exploração predatória de outras palmeiras, como por exemplo, a *Euterpe edulis* Mart que, nas últimas décadas, tem sido inclusa entre as espécies ameaçadas de extinção (ANEFALOS; MODOLO; TUCCI, 2007).

A pupunha apresenta notável perfilhamento e a porcentagem de plantas perfilhadas, bem como o número de perfilhos por planta, são variáveis de grande importância, ambos, responsáveis tanto pela produtividade, quanto pela duração econômica do cultivo (CLEMENT; BOVI, 2000). Qualquer que seja a idade da planta, todas as folhas apresentam uma gema axilar que diferencia-se para formar novos perfilhos (FERREIRA et al., 1995). Por ser uma palmeira precoce, o primeiro corte pode ser feito com apenas dois anos, ao contrário de outras espécies de palmeiras, como a *Acanthophoenix rubra* e *Acanthophoenix crinita*, que podem levar até 5 anos para o primeiro corte (JOAS, 2010).

O palmito comercializado é encontrado na parte superior das palmeiras, onde formam-se as folhas, sendo envolto por camadas de proteção ou bainhas. A camada externa, que envolve o palmito, é fibrosa, de cor esverdeada ou marrom e não é utilizada na industrialização do palmito, representando de 25 à 35% do seu peso seco, dependendo da espécie de palmito. A segunda camada, de cor mais clara, representa de 25 à 30%, denominada bainha mediana ou semi-fibrosa, também, não é utilizada no processamento do palmito. Por fim, tem-se o miolo, denominado palmito, que contém menor teor de fibras, e corresponde à porção em que se produz o palmito em conserva (LIMA; MARCONDES, 2002).

3.2 Aspectos Socioeconômicos

No Brasil, diversas palmeiras produzem palmito comestível, porém, apenas as do gênero *Euterpe* foram exploradas, comercialmente, em larga escala. Uma vez que as espécies de *Euterpe* possuem crescimento lento e necessitam de sombreamento, há alguns anos, a grande maioria desta produção era obtida da exploração extrativista de florestas naturais, tanto na reduzida Mata Atlântica, como na floresta do estuário do Rio Amazonas. Essa exploração tornou-se indiscriminada e destrutiva, empobrecendo as florestas e os povos que nelas habitam (CLEMENT, 1997).

O esgotamento da oferta de matéria-prima, proveniente da coleta extrativa no centro sul, a intensificação da fiscalização de órgãos oficiais, impedindo a devastação predatória, o baixo custo da taxa de reflorestamento e o alto preço do produto no mercado nacional e internacional, são fatores que vêm estimulando o investimento e produção racional do palmito industrializado (VERRUMA-BERNARDI et al., 2007). Palmeiras mais precoces e que

produzam palmito de qualidade têm sido preferíveis, com destaque para a pupunheira (*Bactris gasipaes*).

As pesquisas, com essa palmeira, visando à produção de palmito, tiveram início na Costa Rica, durante a década de 60 (CAMACHO; SORIA, 1970). Já na década de 70, os plantios costarriquenhos expandiram, lentamente, e ensaios foram instalados em numerosas áreas da América tropical. No Brasil, as pesquisas com a pupunheira, para esta finalidade, iniciaram-se nesta mesma década, no Instituto Agrônomo de Campinas, estendendo-se para o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (GOMES; ARKCOLL, 1988). Na região nordeste, especificamente no submédio do Vale do São Francisco, o cultivo da pupunheira iniciou-se em 1991, com plantas inermes (sem espinhos), provenientes da Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus. Os resultados da adaptação e produção obtidos em Petrolina (PE), confirmaram o potencial desta cultura sob condições irrigadas (FLORI, D'OLIVEIRA, 1995). O mercado de palmito tem grande importância na América Latina e a pupunha, também, é muito cultivada no Havaí, Ilha da Reunião, Indonésia e Malásia.

Além das inúmeras vantagens na plantação, como a formação de perfilhos, possui rápida taxa de crescimento e a possibilidade de comercialização do palmito fresco ou minimamente processado (STEINMACHER et al., 2011). Pesquisas da consultoria Nielsen, encomendadas pela Inaceres, mostraram que a participação do palmito pupunha (cultivado) no mercado nacional, subiu de 19,5%, em 2009, para 24% em 2010, com tendência altista em 2011. Ao mesmo tempo, o palmito de extrativismo recuou de 80% para 76% em participação de mercado. Mundialmente, o mercado para palmitos, nos últimos anos, tem movimentado cerca de R\$ 350 milhões e o Brasil representa a maior parte disso, aproximadamente 74,3%, conforme a pesquisa, com estimadas 45 mil toneladas de palmito por ano (RIBEIRAL, 2011).

Dessa forma, a cultura da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) vem se expandindo no Brasil, especialmente no Vale do Ribeira, SP, onde encontra condição edafoclimática compatível à sua produção (GARCIA et al., 2013).

3.3 Características da Pupunha

No mercado brasileiro, o palmito é comercializado na forma de talos (cilindros e toletes), com diâmetro entre 1,5 e 4 cm (TONET; FERREIRA; OTOBONI, 1999). O palmito *in natura* é o palmito bruto colhido no campo e apresenta de 3 à 4 bainhas de proteção ao redor da parte comestível e comprimento de 45 à 90 cm. O palmito fresco, ou minimamente

processado, é definido como o palmito comestível, após a extração das bainhas frescas de proteção (KAPP et al., 2003). De acordo com Villachica, Chávez e Sanchez (1994), são retirados dois envoltórios externos do talo colhido, restando, apenas, dois envoltórios internos para proteção do palmito. Cerca de 59,6% do seu peso é representado pelas bainhas, 14,6% pela parte basal, 10,7% pelas folhas abertas ou “ponta” e 15% pelo palmito aproveitável.

No processamento, a pupunha é uma espécie de palmito que não apresenta escurecimento enzimático, devido à baixa atividade da enzima polifenoloxidase (PFO), o que pode explicar sua alta estabilidade à oxidação, quando comparada às palmeiras Mascarenhas (JOAS, 2010). Outras características importantes, que a difere de outras palmeiras, estão relacionadas à textura macia e sabor ligeiramente adocicado. Do ponto de vista tecnológico, a produção de palmito de pupunha em conserva, é bastante utilizada, na qual é submetido à ação de calor e envasado em solução à base de sal e ácido cítrico (SOARES, 1997).

Em relação à contribuição energética, o palmito é uma olerícola hipocalórica, com baixos teores de lipídeos e proteínas, porém, com teores expressivos de minerais como potássio, cálcio, magnésio, micronutrientes como zinco, ferro e selênio e outros elementos traços importantes, como por exemplo, o cobalto (MONTEIRO et al., 2002; YUYAMA et al., 1999). Além disso, o palmito apresenta, em sua composição, fibras, vitaminas e aminoácidos importantes (GALDINO; CLEMENTE, 2008; YUYAMA et al., 1999). Entretanto, um elemento não essencial que pode estar presente no palmito, em quantidades relevantes, é o fitato (hexafosfato de mioinositol) (YUYAMA et al., 1999), que segundo Fairweather-Tait (1992) é um dos fatores antinutricionais que interferem na baixa biodisponibilidade dos cátions bivalentes, em especial o zinco, formando complexos insolúveis.

Segundo Barbosa et al. (2011), a farinha do descarte do processamento de conservas de palmito pupunha, contém teores protéicos similares à farinha de trigo (9,8%). Apesar das diferentes funcionalidades das proteínas, a farinha de pupunha ganha interesse pelos baixos teores de lipídios e consideráveis teores de fibras, cerca de 32,60%, principalmente, comparado com a farinha de soja e mandioca, tornando-a promissora para a incorporação em alimentos, podendo ser considerado ou tornar-se funcional pela adição ou substituição parcial da farinha trigo (BARBOSA, 2011; HASLER, 1998).

Apesar de suas vantagens, no processamento do palmito da pupunheira, uma grande quantidade de resíduos orgânicos são produzidos e dispostos, muitas vezes, diretamente no meio ambiente, pois, a cada corte de palmeira de pupunha, extrai-se cerca de 400 g de palmito comercial, gerando-se aproximadamente 13 kg de resíduos que incluem estipe, folhas e

bainhas, e parte deste material permanece no local da colheita ou do processamento, sem nenhuma finalidade prática (FERMINO et al. 2010; OJUMU, 2003).

Toda perda de matéria-prima, energia ou qualquer outro recurso natural representa ineficiência do processo e a geração de resíduos (MILES, MUNILLA; MCCLURG, 1999). Logo, os resíduos tem sido motivo de preocupação para a indústria, e portanto, surge a necessidade de estudos sobre o aproveitamento de resíduos, pois estes podem conter substâncias de alto valor e, se forem empregadas tecnologias adequadas, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários (CHEREMISINOFF, 1995; LAUFENBERG, et al. 2003; PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I., 2007).

3.4 Aproveitamento de resíduos

As indústrias alimentícias brasileiras produzem resíduos que poderiam ter finalidade muito mais benéfica ao homem e ao meio ambiente (KOBORI; JORGE, 2005). Estudos sobre aproveitamento de resíduos e subprodutos apresentam resultados relevantes quanto à redução do desperdício de alimentos nas etapas produtivas e no desenvolvimento de novos produtos (DAMIANI et al., 2011). A constante e crescente necessidade de suprimento de matéria-prima para as indústrias e produtos de boa qualidade, tem levado ao reaproveitamento desses resíduos e a inserção em formulações, nos quais substituem outros ingredientes, proporcionando produtos de alto valor nutricional, com características desejáveis, além de gerar valor agregado para as indústrias (BARBOSA et al., 2011).

Uma maneira de combater o desperdício é o aproveitamento integral de frutas e hortaliças, por meio da utilização de partes não convencionais (cascas, talos, folhas e outros resíduos), antes desprezadas na elaboração de novos produtos (DAMIANI et al., 2011; SILVA; RAMOS, 2009). Dentre as tecnologias empregadas, merecem destaque a produção de geleias, sucos, óleos comestíveis, sopas e farinhas, e a secagem de produtos de origem vegetal, que apresentam reduzido tempo de armazenamento devido ao alto teor de água, permite a redução de peso, diminui os custos de transporte, embalagem e armazenamento, além de estender o tempo de armazenamento do resíduo.

Com o propósito de minimizar o desperdício e oferecer uma opção de alimentação de baixo custo, vários estudos têm sido realizados, com o intuito de aproveitar estes resíduos e

inserir-los na produção alimentos, por meio da substituição parcial da farinha de trigo, por farinhas alternativas (FERNANDES et al., 2008; GUIMARÃES; FREITAS; SILVA, 2010).

Fernandes et al. (2008), por exemplo, estudaram a utilização da casca de batata na produção de farinha, visando a sua utilização em produtos de panificação. A casca da melância, também tem sido utilizada no processamento de doces e a entrecasca, por apresentar alta concentração de fibras insolúveis, pode ser transformada em farinha para utilização em formulações de bolos (GUIMARÃES; FREITAS; SILVA, 2010). Abud e Narain (2009) avaliaram a farinha do resíduo de diferentes polpas de frutas, na incorporação de biscoitos, obtendo resultados sensorialmente satisfatórios para goiaba e maracujá.

Esses produtos farináceos são utilizados, como ingrediente alimentar, rico em fibras, para incorporação nos mais diversos alimentos, sobretudo na elaboração de pães, biscoitos, barra de cereais e sopas (PELIZER; PONTIRRI; MORAES, 2007; QUEIROZ et al., 2015). Entretanto, a qualidade das farinhas é determinada por uma variedade de características intrínsecas de cada produto (FREO, 2011).

3.5 Propriedades tecnológicas dos alimentos

As propriedades tecnológicas (capacidade de absorção de água, formação de espuma, formação de emulsões, entre outros.), são específicas de cada ingrediente alimentar, que influencia a aparência física e o comportamento das biomoléculas de um alimento, de maneira característica, resultante da natureza físico-química intrínseca da matéria-prima. Essas características físico-químicas e as interações de proteínas, com outros componentes presentes nos alimentos, determinam a utilidade da proteína em sistemas alimentares, sendo que o seu conhecimento é útil para a indústria de alimentos, desde a fabricação do produto até o destino final, comercialização e armazenamento, pois influenciam no processo, preparação e atributos de qualidade (KINSELLA, 1978; ZAMBRANO; MELÉNDEZ; GALLARDO, 2001; MIZUBUTI et al. 2000).

As propriedades de um único componente são significantes, de modo que elas interagem com outros compostos nos alimentos como, por exemplo, água, proteínas e lipídios que, por fim, determinam suas funcionalidades e aplicações. Deste modo, em muitos sistemas alimentares, todo comportamento ou atributos da qualidade final são devidos aos efeitos agregados de diversas interações entre vários componentes, como por exemplo: proteína, água

e lipídios em emulsões, ou proteínas, água e ar em espumas, que podem ser afetados pelo pH e íons por exemplo (KINSELLA, 1979).

Logo, a fim de introduzir, com sucesso, um novo ingrediente em quaisquer itens alimentares, é necessário descobrir-se suplementos que possuem propriedades funcionais apropriadas como hidratação, emulsificação, formação de espuma, absorção de água e óleo, solubilidade e geleificação, associadas ao valor nutricional e aceitabilidade pelo consumidor (MIZUBUTI et al., 2000; OSHODI; EKPERIGIN, 1989).

2.5.1 Absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água (CAA) representa a habilidade de uma substância associar-se com a água, sob limitada condição aquosa (SINGH, 2001). Os principais componentes que aumentam a CAA são as proteínas e carboidratos, desde que estes constituintes contenham partes hidrofílicas, bem como cadeias laterais polares e carregadas (HODGE; OSMAN, 1976; POMERANZ, 1985). A gelatinização de carboidratos e a fibra bruta, também, são dois fatores importantes que influenciam a absorção de água nos alimentos (NARAYANA; NARASINHGHA, RAO, 1982).

A capacidade de reter água, contra a gravidade, está relacionada com a viscosidade dos sistemas alimentares e é influenciada pelo pH, força iônica e temperatura (KINSELLA, 1979). O inchaço e expansão de partículas, por absorção de água, são importantes propriedades tecnológicas em alimentos como carne processada, rosquinhas e cremes, nas quais as proteínas misturam-se com a água sem dissolução e concedem o poder espessante e a viscosidade ao alimento (KINSELLA, 1979).

A capacidade de absorção de óleo (CAO) é outra importante propriedade tecnológica das farinhas, uma vez que desempenha papel elementar no aumento do paladar e retenção do sabor (KINSELLA, 1976). O principal componente químico que afeta a CAO é a proteína, na qual é composta por ambas as partes, hidrofílicas e hidrofóbicas, e as cadeias laterais não polares de aminoácidos, os quais podem formar interações hidrofóbicas com hidrocarbonetos de cadeias de lipídios (JITNGARMKUSOL; HONGSUWANKUL; TANANUWONG, 2008). Segundo Kinsella (1982) e Dench et al. (1981), a adsorção de óleo em alimentos proteicos, baseia-se no aprisionamento do óleo, por processo de atração e capilaridade. Dessa forma, o grau de absorção de água e óleo e sua retenção durante o processamento e cozimento, podem influenciar fortemente a suculência, secura e paladar e, até mesmo, a estabilidade dos produtos (SOSULSKI; FLEMING, 1977).

2.5.2 Formação de espuma

As espumas, nos alimentos, são compostas de gás (ar), líquido (água) e agentes tenso-ativos (proteínas), exibindo alta viscosidade, baixa densidade, elevada área de superfície e elevada área de energia. Para ótima formação de espuma, o surfactante deve ser solúvel, em fase líquida, e ter rápida capacidade de migração e orientação, para formar um filme interfacial em torno das bolhas de gás.

Durante a formação, as bolhas de gás devem ter tempo de residência suficiente, dentro da fase líquida, para permitir a formação de um filme interfacial e prevenir a coalescência destas bolhas temporárias. Quando as bolhas de ar entram no líquido, elas tendem a coalescer para minimizar a exposição da superfície, mas a presença de um surfactante apropriado reduz a coalescência, permitindo a formação de uma barreira interfacial. Na ausência do surfactante, as bolhas tendem a estourar instantaneamente, devido à elevada tensão superficial da água (KITCHENER; COOPER, 1959).

A boa formação e estabilidade de espumas, nos alimentos, são atribuídos à presença de polissacarídeos nos alimentos, bem como compostos nitrogenados não proteicos. Além disso, boa solubilidade de nitrogênio assegura boa estabilidade de espuma em alimentos (MCWATERS; CHERRY, 1981; SOLSULSKI; FLEMING, 1977).

2.5.3 Emulsificação

Define-se como emulsões, misturas heterogêneas, com pelo menos um líquido imiscível disperso em outro, na forma de gotículas. A emulsão pode ser descrita como óleo-em-água (O/A) ou água-em-óleo (A/O), dependendo da função de cada fase imiscível no sistema, onde a primeira fase mencionada representa a fase dispersa e a segunda, representa a fase contínua (KNOLTON, 2006; MYERS, 1999).

Há uma classe definida de componentes necessários para gerar emulsões com estabilidade persistente, chamados de emulsificantes e estabilizantes, dentro dos quais estão os biopolímeros como polissacarídeos e proteínas (ROSENBERG; RON, 1997; MYERS, 1999; RIBEIRO; MORAIS; ECCLESTON, 2004; BAIS et al., 2005; KUNCHEVA et al, 2007; DOLZ; HERNANDEZ; DELEGIDO, 2008).

As propriedades de emulsificação de produtos que contendo proteínas, podem ser resultados de proteínas solúveis e insolúveis, bem como outros componentes, como os polissacarídios, que podem ajudar a estabilizar a emulsão, aumentando a viscosidade do sistema (MCWATERS; CHERRY, 1977; DICKINSON, 1994). Alguns polissacarídeos hidrofílicos, como a xantana e as galactomananas, quando dispersos em água produzem

soluções viscosas. Quando estas cadeias biopoliméricas hidrofílicas formam redes tridimensionais, por meio de ligações cruzada químicas ou físicas, capazes de absorver grandes quantidades de água ou fluídos biológicos, são formados os hidrogéis (COVIELLO et al., 2007).

Os biopolímeros formam ampla classe de polímeros, produzidos por organismos vivos, os quais são abundantes e importantes para a vida. Estas substâncias estão presentes em qualquer organismo e, geralmente, perfazem a fração majoritária do material celular seco. Os biopolímeros atuam em diferentes e essenciais funções nos organismos, destacando-se a adesão à superfícies, conservação, expressão gênica, catálise, defesa, proteção, entre outras (MACGREGOR, 2004).

Wagner e Guéguem (1999) afirmaram que a proteína pode emulsificar e estabilizar a emulsão, por meio de dois efeitos básicos, a saber, o decréscimo substancial da tensão superficial, devido à adsorção da proteína na interface água-óleo, e a formação de barreira estrutural, eletrostática e mecânica capaz de opor-se à desestabilização das gotículas emulsionadas, sendo que a estabilização de emulsões está relacionada com altos valores de proteína solúvel (LIN et al., 1974; KINSELLA, 1979; SIKORSKI, 2002; WONG, 1989). Além disso, a capacidade de emulsificação das proteínas depende das características físico-químicas como tamanho molecular, composição e sequência de aminoácidos, conformação espacial, densidade das cargas e hidrofobicidade superficial (RICHARDSON; KESTER, 1984).

2.5.4 Formação de gel

As proteínas são susceptíveis à desnaturação, tanto pelo frio como pelo calor. A etapa inicial, importante no processo de geleificação das proteínas globulares, consiste no aquecimento da solução protéica acima da temperatura de desnaturação. Após o resfriamento, os grupamentos expostos do polipeptídeo desnaturado interagem, conduzindo a formação de redes complexas que atuam como matriz capaz de reter água e outros componentes (DAMODARAN, 1988). A capacidade de formação do gel e o tipo do gel formado, dependem da concentração da proteína, da temperatura, do pH, da formação e ruptura das pontes dissulfídicas e das interações eletrostáticas e hidrofóbicas (GARCÍA et al., 1997). Além disso, os tipos de interações proteína-proteína e proteína-água diferem conforme as preparações (UTSUMI; KINSELLA, 1985). O pH exerce forte influência sobre a funcionalidade das proteínas, visto que várias dessas propriedades funcionais dependem do

estado de ionização de grupos ionizáveis na molécula proteica (PETRUCELLI; AÑON, 1996).

Outro composto responsável pela formação de gel, nos alimentos, é o amido, cuja estrutura é formada por polissacarídeos de amilose e amilopectina, na qual a formação de gel consiste no aquecimento de uma solução de amido-água até a temperatura de 60 à 70°C. Durante esse fenômeno, ocorre a ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido, o qual absorve água e o entumece irreversivelmente, adquirindo tamanho maior que o original. Após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ocorre rearranjo das moléculas por ligações de hidrogênio, fator que favorece a retrogradação (PARKER; RING, 2001).

Além disso, a pectina, também possui grande importância na tecnologia e no processamento de alimentos, pois está associada à firmeza, retenção de sabor e aroma. Devido à sua função como hidrocolóide na dispersão e estabilização de diversas emulsões, a formação de gel é a principal característica funcional da pectina e depende, essencialmente, das características do meio, como pH, teores de sólidos solúveis e cátions divalentes, além de depender dos níveis de pectinas e do seu grau de metoxilação (CHO; HWANG, 2000; GANCZ; ALEXANDER; CORREDIG, 2006). As pectinas podem ter alto ou baixo teor de metoxilação. As de alto grau de metoxilação (GM), maior que 50%, geleificam em concentrações de 60 e 80% de sólidos solúveis e pH de 2,8 à 3,8. As pectinas de baixa metoxilação apresentam GM inferiores à 50%, podendo formar gel em concentrações de sólidos solúveis de 10 à 70% e pH de 2,8 à 6,0, somente em presença de íons polivalentes como o cálcio e magnésio (TORREZAN, 2003).

Na parede celular das plantas podem ser encontradas celulose, hemicelulose e substâncias pécticas como galactanos e β -galactanos e estas substâncias pécticas encontram-se associadas com a celulose e hemicelulose, sendo que entre as mesmas ocorrem ligações covalentes (CARVALHO, FERNANDES, PIRES, 2006; THAKUR, SINGH, HANDA, 1997). Além da capacidade de geleificação, a pectina também é empregada como fibra alimentar solúvel, devido aos efeitos fisiológicos benéficos que representa ao organismo (FIETZ; SALGADO, 1999; PIEDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003; TERPSTRA et al., 1998).

2.6 Fibra alimentar

Os resíduos de processamento industrial de vegetais e frutos, por exemplo, podem ser utilizados como fontes valiosas e baratas de fibras alimentares para o enriquecimento nutricional de alimentos (NAWIRSKA; UKLANSKA, 2008). Segundo Hasler (1998), a adição ou substituição parcial de fibras, em concentração adequada, pode caracterizar um alimento como funcional, como por exemplo, o aumento no teor de fibras substituindo, parcialmente, a farinha de trigo por farinhas não convencionais, como a farinha de pupunha (BARBOSA et al., 2011).

No Brasil, o Ministério da Saúde, por meio da Portaria nº360, de 23 de dezembro de 2003, define fibras alimentares como: “qualquer material comestível de origem vegetal que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do aparelho digestivo humano” (BRASIL, 2003). Fibras alimentares são partes de plantas, ou análogos, de carboidratos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com completa ou parcial fermentação no intestino grosso, como polissacarídeos, oligossacarídeos, ligninas, entre outras substâncias vegetais associadas (AACC, 2001). As especificações da Normativa nº27, de 13 de Janeiro de 1998 (BRASIL, 1998) estabelecem que um alimento sólido é considerado como fonte de fibras se contém, no mínimo, 3 g de fibras/100 g e considerado como alimento com alto conteúdo de fibras, se conter, no máximo, de 6 g de fibras/100 g. Segundo posicionamento da *American Dietetic Association* (2002), é recomendado a ingestão diária de fibra alimentar de 25 à 30 g, sendo a relação entre fibra alimentar solúvel e insolúvel, uma importante informação para os efeitos nutricionais e fisiológicos nos consumidores (BORDERÍAS; SÁNCHEZ-ALONSO; PÉREZ-MATEOS, 2005).

A ingestão de fibra alimentar, em quantidades adequadas, é frequentemente recomendada devido aos vários benefícios à saúde e está relacionada com a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como hipercolesterolemia, diabetes, câncer de cólon, obesidade, entre outros (LAIRON et al. 2007; LECUMBERRI et al., 2007; MARLETT; MCBURNEY; SLAVIN, et al. 2002). Dados epidemiológicos revelaram que, em países em desenvolvimento, o baixo teor de fibra alimentar na dieta humana é o responsável não só pelo desenvolvimento de DCNT, como também por doenças infecciosas como constipação crônica, apendicites e alguns tumores (JIMENEZ-ESCRIG; SANCHEZ-MUNIZ, 2000; MAI et al., 2003; SANGNARK; NOOMHORM, 2003).

O aumento do consumo de dietas ricas em gorduras saturadas, baixas em carboidratos complexos e micronutrientes, unido a uma vida sedentária, tem sido o responsável por várias doenças que causam inabilidades e aumentam os custos da saúde pública (LAJOLO, 2002). Dessa forma, a ingestão de fibras com finalidade terapêutica tem sido bastante explorada, porque exerce uma série de ações sobre o aparelho digestório e, suas propriedades fisiológicas, estão relacionadas com os componentes químicos que as formam (PIMENTEL et al., 2005). A nutrição pode ter impacto direto na função fisiológica normal, bem como em condições patológicas, tais como DCNT, portanto, mudança na dieta pode atenuar certas condições, mesmo em um estado avançado (EISENSTEIN et al. 2002).

A fibra alimentar é composta de substâncias construtivas, tais como celulose, hemicelulose, lignina e pectinas, resinas e ceras (PROSKY, 1999). Como sua estrutura química é diferente de uma fração para outra, as implicações nutricionais também diferem-se. Frações solúveis (pectina, goma e algumas hemiceluloses) implicam na fermentação bacteriológica no trato-gastrointestinal e influenciam o metabolismo de carboidratos e gorduras, possuindo a capacidade de reter água e aumentar a satisfação após a alimentação, bem como reduzir o tempo de absorção de nutrientes (BINGHAM et al. 2003). Frações de fibras insolúveis (celulose, ligninas e hemiceluloses) reduzem o tempo do transito gastrointestinal e previne a constipação, que exerce um efeito inibidor no desenvolvimento de variadas formas de câncer retal, favorecendo, também, o estímulo do crescimento da microflora intestinal (BINGHAM et al. 2003).

Devido aos benefícios da fibra alimentar ao organismo, há grande necessidade de estudos sobre novas fontes de fibra alimentar em potencial e aumento do consumo de alimentos ricos em fibra, ou enriquecidos, bem como preparações parafarmacêuticas concentradas em fibras. As preparações podem incluir toda a fibra alimentar, como também frações desta, contida no alimento de escolha ou isolada em frações individuais (como preparações de pura celulose, gomas e pectinas). Para produção de tais preparações, a utilização é feita, principalmente, de partes de cereais, frutas e legumes, ricos em carboidratos não-digeríveis, sendo as matérias-primas iniciais, farelos, cascas, resíduos e co-produtos do processamento industrial de frutas e legumes (NAWIRSKA; UKLANSKA, 2008).

Dessa forma, há alguns estudos em relação ao aproveitamento dos resíduos agroindústrias para a alimentação humana, como por exemplo, a casca da batata, estudada por Kaack, et al. (2006), a qual pode ser adicionada em produtos de panificação e em produtos cárneos. Outro exemplo é o estudo do bagaço do tomate, que pode ser utilizado como espessante natural, substituindo hidrocolóides em produtos como Ketchup, melhorando a cor

e textura do produto (FARAHNAKY; ABBASI; JAMALIAN; MESBAHI, 2008). Ainda há estudos como a aplicação da farinha de semente de uva, na fabricação de pães, conforme estudado por Hoye Jr. e Ross (2011) e a adição de farinhas residuais do processamento do suco de caju e goiaba, como estudado por Uchoa et. al (2009) e do resíduo do endocarpo de buriti, estudado por Becker et al. (2014), na produção de biscoitos tipo cookie.

2.7 Estudos de toxicidade *in vivo*

Os alimentos são um dos principais meios de exposição à contaminantes e substâncias tóxicas, pois muitos possuem componentes químicos naturais ou sintéticos que podem apresentar toxicidade e perigo ao consumidor, principalmente, devido à composição química variada e complexa contida nas plantas (PROVENZA, 1995; WHO, 2005). Logo, a exposição humana a componentes tóxicos podem estar associada à enfermidades como desordens genéticas, supressão do sistema imune, fígado e rins, problemas de saúde mental e promoção de alguns tipos de câncer (WHO, 2005).

Dessa forma, a preocupação com a presença de substâncias químicas, nos alimentos, iniciou-se na década de 1940 nos Estados Unidos. Em 1954, Lehman e Fitzhugh, dois toxicologistas da FDA (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION), definiram as bases para o que hoje é chamado de (IDA) Ingestão Diária Aceitável (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001). Posteriormente, o Conselho Nacional de Pesquisa Americano, elaborou o relatório “Avaliação do Risco do Governo Federal: Gerenciamento e Processo”, no qual foram estabelecidas as bases dos processos de avaliação e de gerenciamento do risco (COMMITTEE ON THE INSTITUTIONAL MEANS FOR ASSESSMENT OF RISKS TO PUBLIC HEALTH, 1983). Essa avaliação estima o risco a um dado organismo alvo, sistema ou subpopulação, incluindo a identificação das incertezas esperadas, após a exposição a um agente particular, levando em consideração as características inerentes ao agente e as do sistema alvo (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, 2004).

Os estudos toxicológicos apresentam, como principal objetivo, a predição dos possíveis efeitos adversos, que podem manifestar-se quando da exposição humana à determinada substância química, seja ela medicamento, praguicida, agente químico industrial, alimento, entre outros (MEYER, 2003; STOKES, 2002). Por esta razão, tais estudos são sempre requeridos nos processos investigativos, desde o desenvolvimento de produtos até seu registro e comercialização, sendo modelos animais os mais utilizados para este propósito

(ECOBICHON, 1997; MEYER, 2003; STOKES, 2002). Sendo assim, os testes toxicológicos, normalmente requeridos com propósito regulatório, incluem: toxicidade aguda, toxicidade sub-crônica, toxicidade crônica, mutagênese, carcinogênese, reprodução e teratogênese, toxicocinética, efeitos locais sobre a pele e olhos, sensibilização cutânea e ecotoxicidade (BARROS; DAVINO, 2003; HAYES, 1994; SPIELMANN, 2002).

A exposição a substâncias químicas, na dieta, pode ser aguda ou crônica. A exposição aguda caracteriza-se pela ingestão de grandes quantidades ou excessos de determinada substância, durante o período de até 24 horas; já a exposição crônica é caracterizada pela ingestão de pequenas quantidades da substância, durante longo período. Ao passo que algumas substâncias apresentam maior risco de exposição crônica, como as potencialmente carcinogênicas, outras podem oferecer risco durante exposição aguda, como por exemplo, as neurotóxicas (JARDIM; CALDAS, 2009).

Outros parâmetros são investigados nos estudos de toxicidade aguda sistêmica, além da letalidade, como identificação do potencial tóxico em órgãos específicos, a toxicocinética e a relação-dose resposta da substância. Outras informações podem, ainda, ser obtidas durante a avaliação de toxicidade aguda como os indicativos sobre o mecanismo de ação tóxica; diagnóstico e tratamento das reações tóxicas; estabelecimento das doses para estudos adicionais de toxicidade; informações para a comparação de toxicidade entre substâncias de mesma classe, informações estas que podem ser a consequência de exposições acidentais no trabalho ou no ambiente doméstico (BLAAUBOER, 2003; COECKE, et al., 2005; PURCHASE, et al., 1998; PRIETO, et al., 2006).

É durante o ensaio agudo que avalia-se o *screening* hipocrático, descrito a princípio pela OECD (THE ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT), diretriz 401 e, posteriormente, revisado e substituído pela diretriz nº 423, o qual fornece estimativa geral da toxicidade da substância sobre o estado consciente e disposição geral, atividade e coordenação do sistema motor, reflexos e atividades sobre o sistema nervoso central e sobre o sistema nervoso autônomo, no qual o parâmetro mortalidade poderá ser observado, a partir do estado moribundo do animal, em período de 24 horas, e nos 14 dias seguintes (MALONE, ROBICHAUD, 1962; MALONE, ROBICHAUD, 1983; VALADARES, 2006).

A exposição repetida a substâncias químicas caracteriza os estudos sub-agudos de dose/resposta repetidas, ou seja, proporcionam a obtenção de informações sobre as propriedades tóxicas de extratos ou frações de plantas, acerca dos riscos potenciais para a saúde, resultante da administração de doses repetidas e diárias, por um período de 28 à 30

dias. Os níveis de dose são pré-estabelecidos, de acordo com os testes de atividade geral do *screening* hipocrático e com a estimativa da DL_{50} ou, ainda, quando existem informações sobre doses necessárias para exercer o efeito farmacológico nos animais de experimentação. Dessa forma, uma dose, geralmente a maior, são utilizadas nos testes, podendo, também, ser administradas até três doses, suficientemente espaçadas para evidenciar as diferenças na gradação dos efeitos tóxicos, sendo todos os procedimentos de execução, descritos pela OECD (*The Organisation for Economic Co-operation and Development*) na diretriz nº 407 (OECD, 1999; VALADADES, 2006).

REFERÊNCIAS

- AACC - American Association Of Cereal Chemists. **Report of the dietary fiber definition committee to the board of directors of the american association of cereal chemists.** Publication no. W-2001-0222-01O. 112, Washington, v. 46, n. 3, 2001.
- ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology.** Campinas, v. 12, n. 4, p.257-265, 2009.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. **Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber.** United States, v.102, p.993-1000, 2002.
- ANEFALOS, L. C.; MODOLO, V. A.; TUCCI, M. L. S. Expansão do cultivo da pupunheira no Vale do Ribeira Estado de São Paulo, 2002-2006. **Revista Informações Econômicas,** São Paulo, v. 37, n. 10, p. 37-43, 2007.
- BAIS, D.; TREVISAN, A.; LAPASIN, R.; PARTAL, P.; GALLEGOS, C. Rheological characterization of polysaccharide-surfactant matrices for cosmetic o/w emulsions. **Journal of Colloid and Interface Science,** Orlando, v. 290, p. 546-556, 2005.
- BARBOSA, J. R.; BELTRAME, S. C.; BRAGATTO, M. M.; DÉBIA, P. J. G.; BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. **Revista Tecnológica,** Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Maringá, p. 21-28, 2011.
- BARROS, S. B. M; DAVINO, S. C. Avaliação da toxicidade. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia.** 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2003, p. 57-68.
- BECKER, F. S.; DAMIANI, C.; MELO, A. A. M.; BORGES, P. R. S.; VILAS BOAS, E. V. B. Incorporation of buriti endocarp flour in gluten-free whole cookies as potential source of dietary fiber. **Plant Foods for Human Nutrition,** Mexico, v. 69, p. 344-350, 2014.
- BINGHAM, S. D. N.; LUBEN, R.; FERRARI, P.; SLIMANI, N.; NORAT, T.; CLAVEL-CHAPELON, F.; KESSE, E.; NIETERS, A.; BOEING, H.; TJONNELAND, A.; OVERVAD, K.; MARTINEZ, C.; DORRONSORO, M.; GONZALEZ, C. A.; KEY, T. J.; TRICHOPOULOU, A.; NASKA, A.; VINEIS, P.; TUMINO, R.; KROGH, V.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; PEETERS, P. H.; BERGLUND, G.; HALLMANS, G.; LUND, E.; SKEIE, G.; KAAKS, R.; RIBOLI, E. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study, **Lancet,** Philadelphia, v. 361, p. 1496–1501, 2003.
- BLAAUBOER, B. J. Biokinetic and toxicodynamic modelling and its role in toxicological research and risk assessment. **Alternatives to Laboratory Animals.** Austria, v.31 n. 3, p. 277-281, 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria SVS/MS nº 27, de 13 de janeiro de 1998.** Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes

Essenciais. Brasília, DF, ANVISA, 1998. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/36_270608.htm> Acesso em: 28/06/2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF, ANVISA, 2003. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>> acesso em: 07/06/2013.

BORDERÍAS, A.J. SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. **Trends in Food Science and Technology**, Norwich, v. 16, p. 458-465, 2005.

CAMACHO, E.; SORIA, V. J. Palmito de pejibaye. Proceedings of the tropical region. **American Society for Horticultural Science**, Washington, v. 14, p. 122-132, 1970.

CARVALHO, G. G. P.; FERNANDES, F. E. P.; PIRES, A. J. V. Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Enero, v. 7, n.1, 2006.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CJUP/Museu Goeldi, 1991. 279 p.

CHEREMISINOFF, P. N. **Waste minimization and cost reduction for the process industries**. New Jersey: Noyes, 1995. 348 p.

CHO, Y. J.; HWANG, J. K. Modelling the yield and the intrinsic viscosity of pectin in acidic solubilization of apple pomace. **Journal of Food Engineering**, London, v. 44, n. 5, p. 85-89, 2000.

CLEMENT, C. Pupunha: Recursos genéticos para a produção de palmito. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, p. 186-191, 1997.

CLEMENT, C. R, Domestication of the Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*): Past and Present In The palm – Tree of Life: Biology, Utilization and Conservation. **Advances in Economic Botany**, New York, v. 6 p. 155-174, 1988.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 30, p. 349-362, 2000.

COECKE, S., BLAAUBOER, B. J.; ELAUT, G.; FREEMAN, S.; FREIDIG, A.; GENSMANTEL, N.; HOET, P.; KAPOULAS, V. M.; LADSTETTER, B.; LANGLEY, G.; LEAHY, D.; MANNENS, G.; MENEGUZ, A.; MONSHOUWER, M.; NEMERY, B.; PELKONEN, O.; PFALLER, W.; PRIETO, P.; PROCTOR, N.; ROGIERS, V.; ROSTAMI-HODJEGAN, A.; SABBIONI, E.; STEILING, W.; VAN DE SANDT, J. J. Toxicokinetics and metabolism. **Alternatives to laboratory animals**. Austria, v. 1, p. 147-175, 2005.

CORRÊA LIMA, M. P.; GOMES-DA-SILVA, M. H. G. Colorectal cancer: lifestyle and dietary factors. **Nutricion Hospitalaria**. Madrid, v. 4, p. 235-241, 2005.

COVIELLO, T.; MATRICARDI, P.; MARIANECCI, C.; ALHAIQUE, F. Polysaccharide hydrogels for modified release formulations. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 119, p. 5-24, 2007.

DAMIANI, C.; ALMEIDA, A. C. S.; FERREIRA, J.; ASQUIERI, E. R.; VILAS BOAS, E. V. B.; SILVA, F. A. Doces de corte formulados com casca manga. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p.360-369, 2011.

DAMODARAN, S. Refolding of thermally unfolded soy proteins during the cooling regime of the gelation process: Effect on gelation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 36, p. 262–269, 1988.

DENCH, J. E.; RIVAS, N. R.; CAYGILL, J. C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden v. 32, p. 557, 1981.

DICKINSON, E. Protein-stabilized emulsions. **Journal of Food Engineering**, London, v. 22, p. 59–74, 1994.

DOLZ, M.; HERNANDEZ, M. J.; DELEGIDO, J. Creep and recovery experimental investigation of low oil content food emulsions. **Food Hydrocolloids**, New York, v. 22, p. 421- 427, 2008.

ECOBICHON, D. J. The basis of toxicity testing. 2. ed. **Boca Raton: CRC Press**, Flórida, 1997. 220 p.

EISENSTEIN, J.; ROBERTS, S. B.; DALLAL, G.; SALTZMAN, E. High-protein weight-loss diets: are they safe and do they work? **Nutrition Research**, New York, v. 60, p. 189–200, 2002.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J. Bioavailability of trace elements. **Food Chemistry**, Barking, v. 43, p. 213-217, 1992.

FARAHNAKY, A.; ABBASI, A.; JAMALIAN, J.; MESBAHI, G. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. **Journal of Texture Studies**, England, v. 39, n. 2, p. 169–182, 2008.

FERMINO, M. H.; GONÇALVES, R. S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J. R. P.; BUSNELLO, A. C.; TREVISAM, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 282-286, 2010.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum Lineu*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 56-65, 2008.

FERREIRA, S. A. N.; CLEMENT, C. R.; RANZANI, G.; COSTA, S. S. Contribuição ao conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 25, n. 3/4, p. 161-170, 1995.

FIETZ, V. R.; SALGADO, J. M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 318-321, 1999.

FLORI, J. E.; D'ÓLIVEIRA, L. O. B. O cultivo da pupunha sob irrigação no semi-árido do Nordeste brasileiro. **Comunicado técnico**. Petrolina, PE: EMBRAPA - CPATSA, 1995.

FREITAS, R. J. S.; FUGMAN, H. A. J. Componentes minerais do palmito (*Euterpe edulis* Mart.). **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 8, n.1, p.35-39. 1990.

FREO, J. D. Propriedades físicas e tecnológicas de farinha de trigo tratada com terra diatomácea. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2011.

GALDINO, N. O.; CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 540-544, 2008.

GANCZ, K.; ALEXANDER M.; CORREDIG M. In situ study of flocculation of whey protein-stabilized emulsions caused by addition of high methoxyl pectin. **Food Hydrocolloids**, New York, v. 20, p. 293-298, 2006.

GARCIA, V. A.; SOLIMAN, E. P.; PAVARINI, R.; ZORZENON, F. J.; NOMURA, E. S.; RODRIGUES, D. S. A survey of the entomofauna associated with the inflorescences of pejobaye (areaceae: *Bactris gasipaes* Kunth) in the Ribeira Valley, SP, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.80, n.1, p.111-115, 2013.

GOMES, J. B. M.; ARKCOLL, D. B. Estudos iniciais sobre a produção de pupunha (*Bactris gasipaes*) em plantações. In: PRIMEIRO ENCONTRO DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Centro Nacional de Pesquisas Florestais/EMBRAPA, 1988. p. 271-277.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*): Avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.

HASLER, C.M. Functional food: their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, Chicago, v. 52, n. 11, p. 63-70, 1998.

HAYES, Wallace A. **Principles and Methods of Toxicology**, 3º edição: Raven Press, 1994, p.579- 600.

HERMANSSON, A. M.; AKESSON. C. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect of concentration and temperature on water-binding properties of model meat systems. **Journal of Food Science**, North Carolina v. 40, p. 595-602,1975.

HODGE, J. C.; OSMAN, E. M. Carbohydrates. In__ FENNEMA, R. O. Principles of food science, Part I. **Food chemistry**, New York, p. 97–200, 1976.

HOYE JR, C.; ROSS, C. Total phenolic content, consumer acceptance, and instrumental analysis of bread made with grape seed flour. **Journal of Food Science**. North Carolina, v. 76, n. 7, p. 428- 436, 2011.

INKLAAR, P. A.; FORTUIN, J. Determining the emulsifying and emulsion stabilizing capacity of protein meat additives. **Food Technology**, Chicago, v. 23, p.103, 1969.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Food Safety Policy, Science, and Risk Assessment: Strengthening the Connection**. Workshop Proceedings. Food Forum, Food and Nutrition Board. National Academy Press, Washington, 2001.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. **Risk Assessment Terminology**. Harmonization Project. WHO, Geneva, 2004.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p.1898-1909, 2009.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. **Nutrition Research**, Canadá, v. 20, p.585–598, 2000.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, p. 23–30, 2008.

JOAS, J.; LE BLANC, M.; BEAUMONT, C.; MICHELS, T. Physico-chemical analyses, sensory evaluation and potential of minimal processing of Pejibaye (*Bactris gasipaes*) compared to mascarenes palms. **Journal of Food Quality**, United Kingdom, v. 33, p. 216–229, 2010.

KAACK, K.; PEDERSEN, L.; LAERKE, H. N.; MEYER, A. New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. **European Food Research and Technology**, Germany, v. 224, n. 2, p. 199–207, 2006.

KAPP, E. A.; PINHEIRO, J. L.; RAUPP, D. S.; CHAIMSOHN, F. P. Tempo de preservação de tolete de palmito pupunha (*Bactris gasipaes*) minimamente processado e armazenado sob refrigeração. **Publicatio**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 51-57, 2003.

KINSELLA, J. E. Functional properties of proteins in food: a survey. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Ranton, v. 7, p. 219-280, 1976.

KINSELLA, J. E. Functional properties of soy proteins. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Madison, v. 56, p.242-58, 1979.

KITCHENER, J. A.; COOPER, C. F. Current concepts in the theory of foaming. **Quarterly Reviews, Chemical Society**. v.13, p. 71-97, 1959.

KNOLTON, E. D. A. **Microscopic and macroscopic study of dense emulsion rheology**. 2006. 151 p. Tese (PhD in Chemical Engineering), Department of Chemical Engineering, University of California, Santa Barbara, 2006.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

KUNCHEVA, M.; PANCHEV, K.; PAVLOVA, I.; DOBREVA, S.; PANCHEV, S. Emulsifying power of mannan and glucomannan produced by yeasts. **International Journal of Cosmetic Science**, London, v. 29, p. 377-384, 2007.

LAIRON, D.; PLAY, B.; JOURDHEUIL, R. D. Digestible and indigestible carbohydrates: interactions with postprandial lipid metabolism. **The journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 18, p. 217-227, 2007.

LAJOLO, F. M. Alimentos funcionais: aspectos científicos e normativos. **Dieta e Saúde**. Caracas, 2002.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations. **Bioresource Technology**, Essex, v. 87, p. 167-198, 2003.

LECUMBERRI, E.; MATEOS, R.; IZQUIERDO-PULIDO, M.; RUPÉREZ, P.; GOYA, L.; BRAVO, L. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 104, p. 948-954, 2007.

LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDOÑO, A., ROJAS; M., BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v.85, p. 1505-1512, 2005.

LIMA, L.R.; MARCONDES, A. A. **Farinha de Palmito**. Projeto apresentado à EPAGRI, Estação experimental de Itajaí, Santa Catarina, 2002.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, p. 368-370, 1974.

MACGREGOR, E. A. Biopolymers. **Encyclopedia of Physical Science and Technology**, p. 207-245, 2004.

MAI, V.; FLOOD, A.; PETERS, U.; LACEY, J. V. JR.; SCHAIRER, C.; SCHATZKIN, A. Dietary fiber and risk of colorectal cancer in the Breast Cancer Detection Demonstration

Project (BCDDP) followup cohort. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, v. 32, p. 234-239, 2003.

MALONE, M. H.; ROBICHAUD, R. C. The pharmacological evaluation of natura products - General and specific approaches to screening ethnopharmaceuticals. **Journal of Ethnopharmacology**, Netherlands, v. 8, p.127-147, 1983.

MALONE, M. H.; ROBICHAUD, R. C.; A Hippocratic screen for pure or crude drug materials, **Lloydia**, v. 25, p. 320-332, 1962.

MARLLET, J. A.; MCBURNEY, M. I.; SLAVIN, J. L. Position of the American Dietetic Association Health Implications of Dietary Fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, St. Paul, v. 102, n. 7, p. 993-1000, 2002.

MCWATTERS, K. H., CHERRY, J. P. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, fieldpea and pecan flours. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, p. 1444–1450, 1977.

MEYER, O. Testing and assessment strategies, including alternative and new approaches. **Toxicology Letters**, v. 140- 141, p. 21-30, 2003.

MILES, M. P.; MUNILLA, L. S.; MCCLURG, T. The impact of ISO 14000 environmental management standards on small and medium sized enterprises. **Journal of Quality Management**, USA, v. 4, n. 1, p. 111-122, 1999.

MIZUBUTI, I. Y.; BIONDO JR, O.; SOUZA, W. O.; SILVA, R. S. S.; IDA, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, p. 274 -280, 2000.

MONTEIRO, M. A. M.; STRINGHETA, P. C.; COELHO, D. T.; MONTEIRO, J. B. R. Estudo químico de alimentos formulados à base de palmito *Bactris gasipaes* H. B. K. (Pupunha) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 211-215, 2002.

MORO, J. R. **Manual Agricultura n. 87: Produção de palmito de pupunha**. Viçosa: CPT, 1996. 28p.

MYERS, D. **Surfaces, interfaces, and colloids: Principles and applications**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 433 p.

NARAYANA, R.; NARASANYA, R. **International Workshop on small Scale Processing of Tropical Root Crops**. Hinoluhu, v. 1, p. 136-140, 1982.

NAWIRSKA, A.; UKLANSKA, C. Waste products from fruit and vegetable processing as potential sources for food enrichment in dietary fibre. **Acta scientiarum Polonorum / Technologia alimentaria**, Poland, v. 7, n. 2, p. 35-42, 2008.

OECD (Organization for economic co-operation and development). **Guideline for Testing of Chemicals: Acute Oral Toxicity-Acute Toxic Class Method**. Guideline: 407, 1999.

OECD (Organization for economic co-operation and development). **Guideline for Testing of Chemicals: Acute Oral Toxicity-Acute Toxic Class Method**. Guideline: 423, 2001.

OJUMU T, V.; SOLOMON, B. O.; BETIKU, E.; LAYOKUN, S. K.; AMIGUN, B. Cellulase production by *Aspergillus flavus* Linn Isolate NSPR 101 fermented in sawdust, bagasse and corncob. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.2, n.6, p.150-52, 2003.

OSHODI, A. A.; EKPERIGIN, M. M. Functional Properties of Pigen Pea (*Cajanus cajan*) Flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 39, p. 187-191, 1989.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, England, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Chile, v.2, n.1, p.118 127, 2007.

PETRUCCELLI, S.; AÑON, M. C. pH induced modifications in the thermal stability of soybeans protein isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 10, p. 3005-3009, 1996.

PIEIDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no nível de colesterol sanguíneo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 149-156, 2003.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais**. São Paulo: Varela, 2005.

POMERANZ, Y. **Functional properties of food components**. Florida: Academic Press, 1985. 536 p.

PRIETO, P.; BAIRD, A. W.; BLAAUBOER, B. J.; CASTELL RIPOLL, J. V.; CORVI, R.; DEKANT, W.; DIETL, P.; GENNARI, A.; GRIBALDO, L.; GRIFFIN, J. L.; HARTUNG, T., HEINDEL, J. J.; HOET, P.; JENNINGS, P.; MAROCCHIO, L.; NORABERG, J.; PAZOS, P.; WESTMORELAND, C.; WOLF, A.; WRIGHT, J.; PFALLER, W. The assessment of repeated dose toxicity in vitro: a proposed approach. The report and recommendations of ECVAM workshop 56. **Alternatives to laboratory animals**. Austria, v. 34, n. 3, p.315-41, 2006.

PROSKY, L. Inulin and oligofructose are part of the dietary fiber complex. **Journal of AOAC International**, v. 82, n. 2, p. 223-226, 1999.

PROVENZA, F. D. a. Tracking variable environments: there is more than one kind of memory. **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, p. 911-923, 1995.

PURCHASE, I. F.; BOTHAM, P. A.; BRUNER, L. H.; FLINT, O. P.; FRAZIER, J. M.; STOKES, W. S. Workshop overview: scientific and regulatory challenges for the reduction, refinement, and replacement of animals in toxicity testing. **Toxicological Sciences**. v.43, n.2, p.86-101, 1998.

QUEIROZ; E. R. ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. M.; SIMÃO, A. A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis Sonn*) cultivar 'Bengal'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.329-334, 2015.

RIBEIRAL, R. O cultivo de pupunha permite padronização. **Inaceres**, 2011. Disponível em: <<http://www.agroceres.com.br/noticias.jsf?chave=107>> acesso em: 27/06/2013.

RIBEIRO. H. M.; MORAIS. J. A.; ECCLESTON. G. M. Structure and rheology of semisolid o/w creams containing cetyl alcohol/non-ionic surfactant mixed emulsifier and different polymers. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 26, p. 47-59, 2004.

RICHARDSON, T.; KESTER, J. J. Chemical modifications that affect nutritional and functional properties of proteins. **Journal of Chemical Education**, v. 61, n. 4, p. 325, 1984.

RISK ASSESSMENT IN THE FEDERAL GOVERNMENT: MANAGING THE PROCESS. **Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health**. National Academy Press, Washington, DC. 1983.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 17, n.1, p. 3-15, 2006.

ROSENBERG, E.; RON, E. Z. Bioemulsans: microbial polymeric emulsifiers. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 8, p. 313–316, 1997.

SANGNARKA, A.; NOOMHORM. A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 2, p. 221–229, 2003.

SIKORSKI, Z. E. Proteins. In: __. SIKORSKI, Z. E. **Chemical and functional properties of food components**, Florida, 2002, p. 133–178.

SILVA, M. B. de; RAMOS, A. M. Composição química, textura e aceitação sensorial de doces em massa elaborados com polpa de banana e banana integral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 551-554, 2009.

SINGH, U. Functional properties of grain legume flours. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 38, n. 3, p. 191-199, 2001.

SOARES, A. G. Palmito de pupunha - alternativas de processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 198-199, 1997.

SOSULSKI, F.; FLEMING, S. E. Chemical, functional, and nutritional properties of sunflower protein products. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, v. 54, n. 2, p. 100-104, 1977.

SPIELMANN, H. Animal use in the safety evaluation of chemicals: harmonization and emerging needs. **ILAR Journal**, Oxford, v. 43, p. 11- 17, 2002.

STEINMACHER, D.A; GUERRA, M. P; SAARE-SURMINSKI, K; LIEBEREI, R. A temporary immersion system improves in vitro regeneration of peach palm through secondary somatic embryogenesis. **Annals of Botany**, Oxford, v. 108, p. 1463–1475, 2011.

STOKES, W. S. Humane endpoint for laboratory animals used in regulatory testing. **ILAR Journal**, Oxford, v. 43, p. 31-38, 2002.

TERPSTRA, A. H. M. et al. Dietary pectin with high viscosity lowers plasma and liver cholesterol concentration and plasma cholesteryl ester protein activity in hamsters. **The Journal of Nutrition**, London, v. 128, n. 11, p. 1944-1949, 1998.

THAKUR, B. R.; SIGH, R. K.; HANDA, A. V. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in food Science and Nutrition**, v. 37, n.1, p.47-73, 1997.

TONET, R. M.; FERREIRA, L. G. S.; OTOBONI, J. L. M. A. **Boletim técnico, n. 237 CATI: A cultura da pupunheira**. Campinas, 1999. 44p.

TORREZAN, R. Geléia de fruta. In: **EMBRAPA Informação Tecnológica**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas em calda, geléias e doces. Brasília, 2003. p. 31-46.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; MEIRA, T. R.; SOUSA, P. H. M.; BRASIL, I. M. Formulation and physicochemical and sensorial evaluation of biscuit-type cookies supplemented with fruit powders. **Plant Foods for Human Nutrition**, Mexico, v. 64, p.153–159, 2009.

UTSUMI, S.; KINSELLA, J. E. Forces involved in soy protein gelation: Effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S and soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 1278–1282, 1985.

VALADARES, M. C. Avaliação de Toxicidade Aguda: Estratégias Após a “Era do Teste DL50”. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 93-8, 2006.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; MORAES, C. W. S.; MACHADO, C. A.; KAJISHIMA, S.; COSTA, E. Q. Análise descritiva quantitativa do palmito de pupunheira. **Acta amazônica**, Manaus, v. 37, n.4, 2007.

VILLACHICA, H.; CHÁVEZ, E.; SANCHEZ, J. **Informe Técnico. 30: Manejo postcosecha e industrialización Del pijuayo (*Bactris gasipaes* Kunth.)**. Lima, 1994, p. 55.

WAGNER, J. R.; GUÉGUEM, J. Surface functional properties of native, acid-treated, and reduced soy glycinin. 1. Emulsifying properties. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 6, p. 2181-2187, 1999.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides**. Geneva, World Health Organization, 2005.

WOLF, W. J.; COWAN, J. C. **Soy beans as a food source**. Cleveland, CRC, p. 101, 1975.

WONG, D. W. S. **Mechanism and theory in food chemistry**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 428 p.

YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; YUYAMA, K.; MACEDO, S. H. M.; FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A. Determinação de elementos essenciais e não essenciais de pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n.2, p. 91-95, 1999.

YUYAMA, L. K. O.; FÁVARO, R. M. D.; YUYAMA, K.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of vitamin A from peach palm (*Bactrisgasipaes* H.B.K.) and mango (*Mangifera indica* L.) in rats. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 11, n. 9, p. 1167-1175, 1991.

ZAMBRANO, M. L.; MELÉNDEZ, R.; GALLARDO, Y. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. In__. LAJOLO, F. M.; SAURA CALIXTO, F.; WITTING, E.; MENEZES, W. **Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**, São Paulo, Varela, 2001. 468 p.

CAPÍTULO 2 (Artigo científico 1)

**ESTUDO NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA FARINHA DO
CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PALMITO DE
PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth).**

ESTUDO NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DA FARINHA DO CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PALMITO DE PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth).

OLIVEIRA, L. F. Estudo nutricional e tecnológico da farinha do co-produto do processamento do processamento de palmito de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). In: Resíduo do processamento de palmito de pupunha: Estudo físico, químico, tecnológico e toxicológico. Capítulo 2, p. 48-78. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás – GO, 2015.

RESUMO

A Pupunheira é uma Palmeira nativa dos trópicos úmidos da Amazônia Brasileira, destinada à produção de palmito, porém o seu processamento produz grandes quantidades de resíduos que são dispostos no meio ambiente sem nenhuma finalidade benéfica. O objetivo deste trabalho foi estabelecer as características funcionais e propriedades tecnológicas da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP), para possível aplicação em produtos alimentícios, de modo à enriquecê-los nutricionalmente e trazer benefícios ambientais com a redução do lixo orgânico. A FP apresentou baixa acidez, cor clara, atrativa e a granulometria apresentou-se entre fina e muito fina. A farinha possui baixo teor de umidade (4,74%), proteínas (5,03 g(100g)⁻¹), lipídios (2,12 g(100g)⁻¹), fibra alimentar solúvel (3,40 g(100g)⁻¹) e cinzas (4,69 g(100g)⁻¹). Em relação à fibra alimentar insolúvel, a FP apresenta alta quantidade (49,53 g(100g)⁻¹), beneficiando nutricionalmente sua aplicação em alimentos industrializados, melhorando, também, as características organolépticas e tecnológicas. Para às propriedades tecnológicas, a FP apresentou ótima absorção em água (9,81 g(g)⁻¹), leite (8,49 g(g)⁻¹) e óleo (5,13 g(g)⁻¹) e boa solubilidade em água (20,64%) e leite (21, 8%). Desse modo, a aplicação da FP, em alimentos, pode ser uma alternativa para a substituição parcial da farinha de trigo, na aplicação de produtos de panificação, cárneos e bebidas lácteas, além de contribuir com o aspecto nutricional e melhorar as propriedades tecnológicas do produto alimentício desenvolvido ao qual esta for empregada.

Palavras-chave: Absorção em água, absorção em leite, MEV, fibra alimentar insolúvel, resíduo agroindustrial, bainhas residuais.

ABSTRACT

The peach palm is a native palm of the humid tropics of the Brazilian Amazon, used for the production of pickled palm, but this process produce large amounts of waste that is discharged into the environment without any beneficial purpose. The aimed of this research was to establish the nutritional and technological properties of the flour of external, median and internal, waste sheaths, peach palm (PF) for possible use in food products, in order to enrich them nutritionally and bring environmental benefits by reducing the organic waste. The PF showed low acidity, light and attractive color and the particle size was presented between fine and very fine. The flour has a low moisture content (4.74%), proteins (5.03 g(100g)⁻¹), lipids (2.12 g(100g)⁻¹), soluble dietary fiber (3.40 g(100g)⁻¹) and ash (4.69 g(100g)⁻¹). Regarding the insoluble dietary fiber, PF has a high amount (49,53 g(100g)⁻¹), nutritionally benefiting its application in processed foods, improving also the organoleptic and technological characteristics. For technological properties, PF showed good water absorption (9.81 g.g⁻¹), milk (8.49 g.g⁻¹) and oil (5.13 g.g⁻¹) and good solubility in water (20.64 %) and milk (21 8%). Thus, the application of PF, in food, can be an alternative to the partial substitution of wheat flour, in the application of bakery products, meat and dairy beverages, contributing in nutritional aspect and improving the technological properties of the food product developed which it is employed.

Key-words: Water absorption, milk absorption, SEM, insoluble dietary fiber, agro-industrial waste, waste sheaths.

1. INTRODUÇÃO

A pupunheira ou pupunha, pertencente à família *Palmae* (Arecaceae) e ao gênero *Bactris*, é nativa dos trópicos úmidos da Amazônia brasileira e destaca-se como espécie versátil, pois a árvore é destinada, em geral, à produção de palmito e, quando adulta, à produção de frutos para consumo humano e animal, podendo também, a estirpe, ser destinada à confecção de móveis, artefatos pequenos, objetos e instrumentos de percussão (CLEMENT, 1988; YUYAMA et al., 1991).

A produção de palmito tem grande importância no mercado, principalmente, na América Latina, sendo muito cultivada no Havaí, Ilha da Reunião, Indonésia e Malásia. A sua comercialização dá-se na forma fresca ou, ainda, minimamente processada. A palmeira de pupunha, como é conhecida no Brasil, possui rápida taxa de crescimento, precocidade e formação de perfilhos, podendo o primeiro corte ser feito com, apenas, dois anos de idade, ao contrário de outras espécies de palmeiras como a *Acanthophoenix rubra* e *Acanthophoenix crinita*, que podem levar até cinco anos para o primeiro corte (JOAS, 2010; STEINMACHER et al., 2011).

O palmito de pupunha possui teores expressivos de minerais como potássio, cálcio, magnésio, micronutrientes como zinco, ferro e selênio e outros elementos traços importantes, como o cobalto. É uma olerícola hipocalórica, com baixos teores de lipídeos e proteínas e, também, possui em sua composição, fibras, vitaminas e aminoácidos importantes (GALDINO; CLEMENTE, 2008; MONTEIRO et al., 2002; YUYAMA et al., 1999).

O palmito é dividido em três partes; foliar apical, foliar mediana, na qual estão as bainhas que envolvem o palmito que é comercializado; e caulinar que é a parte basal, de maior diâmetro e está situada na região inferior do palmito (CHAIMSOHN, 2000). A parte foliar mediana, que envolve o palmito, pode ser dividida em até três partes: bainha externa, mediana e interna, dependendo da idade, maturidade e espécie da planta. Essas bainhas são fibrosas e envolvem a parte nobre, interna, na qual encontra-se o palmito que é retirado para comercialização. As bainhas não são aproveitadas no processamento do palmito em conserva, gerando expressiva quantidade de resíduos orgânicos que são, muitas vezes, dispostos diretamente no meio ambiente (OJUMU, 2003). Estes resíduos desprezados podem ter finalidade muito mais benéfica e ser utilizados como fontes valiosas e baratas de fibras alimentares e outros nutrientes, para aplicação e o enriquecimento de alimentos industrializados (NAWIRSKA; UKLANSKA, 2008).

A produção de farinha, por exemplo, é excelente alternativa no aproveitamento de resíduos, reduzindo o impacto ambiental e o desperdício, estimulando a aplicação de co-produtos agroindustriais em alimentos processados como fonte de fibras e nutrientes, agregando valor econômico e nutricional, beneficiando também, a saúde e bem-estar do consumidor.

Além das propriedades nutricionais, é importante avaliar na FP, as propriedades tecnológicas, devido à influência direta que estas propriedades exercem sobre o processamento, preparação, atributos de qualidade, comercialização e armazenamento dos alimentos, pois são específicas de um ingrediente alimentar e influenciam na aparência física e no comportamento das biomoléculas de um alimento (KINSELLA, 1978; MIZUBUTI et al. 2000; ZAMBRANO; MELÉNDEZ; GALLARDO, 2001).

À vista disso, para introduzir-se, com sucesso, um novo ingrediente em preparações alimentares, é necessário o conhecimento dos suplementos que possuem propriedades funcionais apropriadas como hidratação, emulsificação, formação de espuma, absorção de água e óleo, solubilidade e geleificação, associadas ao valor nutricional e aceitabilidade pelo consumidor (MIZUBUTI et al., 2000; OSHODI; EKPERIGIN, 1989).

Portanto, objetivou-se, com este trabalho, o estudo das características nutricionais e as propriedades tecnológicas da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna, do processamento do palmito de pupunha (FP).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção matéria-prima

A matéria-prima, bainhas residuais resultantes do processamento do Palmito de Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), foram obtidas na Agroindústria Casa Verde LTDA, Rodovia GO 330, km 107, zona rural, Vianópolis-Goiás/Brasil, transportadas para o laboratório de vegetais, do departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás (UFG), sendo as análises realizadas em parceria com a Escola de Agronomia, Faculdade de Nutrição e Faculdade de Farmácia, ambas da UFG.

2.2 Preparo da farinha

O preparo da farinha foi realizado de acordo com o proposto por Simas et al. (2010) com modificações. As bainhas residuais, externa, mediana e interna, retiradas do processamento do palmito em conserva, foram imediatamente lavadas em água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1} , durante 20 min.), ainda na indústria, foram colocadas em sacos plásticos transparentes e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para que fosse feito o transporte até os laboratórios da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO. Para a produção da farinha, as bainhas foram novamente higienizadas em água corrente e a camada esponjosa protetora, que as envolve, foi retirada com auxílio de facas por meio de raspagem.

As bainhas limpas foram cortadas em tiras, para facilitar a secagem e a moagem das mesmas, colocadas novamente em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1} , durante 20 min), enxaguadas com hipoclorito de sódio em menor concentração (100 mg L^{-1}) e, posteriormente, levadas à estufa de circulação de ar (Tecnal TE-394, Piracicaba, BRASIL) à 80°C , para secagem durante 12 horas, ou até que atingissem o limite máximo de umidade permitido pela legislação americana e brasileira, para a farinha de trigo, que é de 15% (BRASIL, 2005; U.S, 2011).

Em seguida, foram moídas em moinho de facas (MARCONI, MA630), até a formação da farinha à 60 mesh, sendo, armazenada em sacos plásticos herméticos (PEBD/Nylon/PEBD) e colocada em freezer à $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ até a realização das análises nutricionais e tecnológicas.

2.3 Análises físicas

2.3.1 Avaliação dos Parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , chroma e angle hue.

Para análise de cor, foram avaliados os parâmetros instrumentais de cor L^* , a^* , b^* , Chroma e h° (ângulo Hue), determinados em espectrofotômetro de reflectância difusa (Hunterlab, ColorQuest II), segundo Hunterlab (1996), em 15 repetições. No sistema CIELab ($L^*a^*b^*$), uma cor tem única localização especificada numericamente em um espaço tridimensional esférico, definido por três eixos perpendiculares: o eixo L^* (luminosidade) varia do preto (0) ao branco (100). O eixo a^* , varia do verde (-a) ao vermelho (+a), e o eixo b^* , varia do azul (-b) ao amarelo (+b) (MINOLTA, 1998).

O croma define a intensidade da cor, valores próximos à zero, são para cores neutras (cinza) e em torno de 60, para cores vívidas (MCGUIRE, 1992). O Ângulo de cor hue ($^\circ h$) pode variar de 0° à 360° , sendo que o 0° corresponde à cor vermelha, 90° ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul (O Ângulo de cor hue ($^\circ h$) pode variar de 0° à 360° , sendo que o 0° corresponde à cor vermelha, 90° ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul (MINOLTA, 1991).

2.3.2 Granulometria

A distribuição do diâmetro de partículas da farinha foi estimada, seguindo-se o método proposto por Torbica; Filipčev; Zivančev e Mastilović (2004), com algumas modificações. Utilizou-se plataforma vibratória (agitador de peneiras, Bertel) com peneiras dispostas em ordem de abertura da malha, utilizando-se 50 g de farinha, agitando-se durante 25 minutos, com aberturas de 1,00, 0,710, 0,500, 0,250, 0,150 e 0,106 mm. A análise foi realizada em 15 repetições.

2.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A estrutura da amostra de farinha foi analisada por microscopia eletrônica de varredura, em duplicata, utilizando-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging), no qual a ultraestrutura da amostra foi fotografada em condições de alto vácuo com aumento de x100 ($100\mu\text{m}$) e x500 ($50\mu\text{m}$).

2.4 Composição química e nutricional

A determinações de atividade de água (A_w) foi determinada com auxílio do equipamento Aqualab (Aqualab CX-2), por infravermelho. As análises de pH e acidez titulável total (ATT), foram realizadas, de acordo com a técnica descrita pela AOAC (2006). As análises foram realizadas em 15 repetições.

Para as análises de umidade seguiu-se o protocolo n° 925.10 (AOAC, 2006), para a determinação de cinzas, seguiu-se o protocolo n° 923.03 (AOAC, 2006) e para proteínas, seguiu-se o protocolo n° 960.52, preconizado pela AOAC (2006). Na avaliação de lipídios, utilizou-se a metodologia descrita por Bligh; Dyer (1959), sendo que as camadas clorofórmicas (que contem os lipídios) e metanólicas (contendo água e componentes não-lipídicos), foram deixadas a separar por 24 horas. As análises foram realizadas em 15 repetições.

A estimativa do conteúdo de carboidratos foi determinado pelo método da diferença, subtraindo-se de cem, os valores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios. O cálculo de valor calórico total foi realizado, por meio da utilização dos coeficientes de Atwater e Woods (1896). A Fibra alimentar solúvel e insolúvel foi determinada, seguindo-se o método gravimétrico n° 985.29, preconizado pela AOAC (2006), em duplicata, e a fibra alimentar total foi calculada somando-se a fibra alimentar solúvel e insolúvel.

2.5 Propriedades tecnológicas

Para as análises funcionais tecnológicas, o índice de absorção de água, óleo e leite foram obtidos, de acordo com a metodologia descrita por Okezie e Bello (1988), com modificações. Para a análise de absorção em leite, suspensão de 25 mL de leite e 0,5 g de farinha foi preparada em tubos de centrífuga e misturada com barra magnética em placa agitadora, por um minuto, e centrifugado em centrífuga refrigerada (*eppendorf centrifuge 5403*) à 3.000 rpm por 10 min à 4°C. O sobrenadante foi removido com ajuda de pipeta, delicadamente, até a retirada total do líquido. A porção remanescente foi pesada e a diferença entre o peso da amostra antes e depois, considerando o branco, representou a quantidade de leite absorvido.

As análises de solubilidade em água e leite foram realizadas, de acordo com Okezie e Bello (1988), com modificações. Na análise de solubilidade em leite, o branco foi realizado

nas mesmas condições da amostra, a fim de considerar nos cálculos, os sólidos solúveis do leite, dessa forma, 10 mL do sobrenadante foram retirados e colocados em placas previamente taradas, as quais foram levadas à estufa à 40°C para secagem até peso constante. A solubilidade foi calculada pela relação entre o peso do resíduo seco do sobrenadante, considerando-se o resíduo seco do branco, e o peso da amostra.

A atividade emulsificante e a estabilidade da emulsão foram determinadas, segundo o método descrito por Yasumatsu et al. (1972). A capacidade espumante, estabilidade de espuma e a análise de capacidade de formação de gel, foram analisadas conforme padrões preconizados por Coffman e Garcia (1977). Na análise de formação de gel, apenas foram realizadas as concentrações de amostras à 8, 10 e 12%, pois acima de 14%, as propriedades de absorção da farinha não permitiram a avaliação. Todas as análises foram realizadas em 15 repetições.

2.6 Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado e os resultados foram expressos por meio de médias, desvio padrão e coeficiente de variação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de cor, avaliados na FP estão apresentados na tabela 1. Os parâmetros L^* , a^* e b^* da FP, indicam leve tendência à cor bege. Além disso, a FP apresenta intensidade de cor similar à cores neutras, devido ao baixo valor do *Chroma*, e os valores do ângulo *Hue* aproximam-se do vermelho, o que pode ter ocorrido sob influência da temperatura, ocasionando a formação de melanoidinas que são produtos de coloração escura resultantes do processo de Maillard. Dessa forma, a temperatura pode ter causado o escurecimento das partículas que compõe a farinha. A mistura e homogeneidade das cores geram uma única cor perceptível ao olho humano, não podendo-se diferenciar as cores variáveis da farinha, senão por métodos específicos, como na avaliação dos parâmetros L^* , a^* , b^* , *Chroma* (C) e *anglue hue* ($^{\circ}h$).

A cor da FP é atrativa, devido à sua coloração clara, e esta é fortemente influenciável durante a compra do produto pelo consumidor. De acordo com Battistela, Colombo e Abreu (2010), as cores estimulam e direcionam o produto para o cliente ou aplicação para a qual foi destinado, pois esta, embora não reflita nas características nutricionais, funcionais ou sensoriais, determina a aceitabilidade do produto pelos consumidores (SAHIN; SUMNU, 2006).

Tabela 1: Avaliação de parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , *Chroma* (C) e *anglue hue* ($^{\circ}h$), da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Cor | L^* | a^* | b^* | $^{\circ}h$ | C |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| FP ¹ | 82,38±0,45 (0,00) | 0,893±0,06 (0,06) | 14,53±0,30 (0,02) | 1,50±0,02 (0,00) | 14,55±0,3 (0,00) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de Variação)

Em relação à granulometria da FP, os resultados estão expostos na tabela 2. A FP, de forma geral, apresentou predominância de partículas de tamanho médio. O módulo de finura (MF), indica a uniformidade de partículas, e podem ser classificadas em grosso MF = 4,10; médio MF = 3,20; fino MF = 2,30 e muito fino = 1,50 (HENDERSON; PERRY, 1976). Dessa forma, FP pode ser caracterizada entre fina e muito fina, no qual 27,04%, são partículas de

tamanho de 0,250 mm, 34,79% são de 0,150 mm e 26,08% são partículas menores que 0,150 mm.

A granulometria fina da FP influencia a qualidade de textura, aparência e sabor, uma vez que a distribuição do tamanho de partículas afetam as propriedades tecnológicas e o tempo de cozimento da massa, assim, grandes quantidades de partículas menores, conduzem à uma massa menos extensível e fluída (CARVALHO et al., 2010).

Tabela 2: Análise granulométrica da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Tyler | Abertura da malha (mm) | % Retenção ² |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 16 | 1,00 | 0,31 ± 0,08 (0,25) |
| 24 | 0,710 | 0,20 ± 0,14 (0,68) |
| 32 | 0,500 | 1,03 ± 0,07 (0,64) |
| 60 | 0,250 | 27,04 ± 0,37 (0,01) |
| 100 | 0,150 | 34,79 ± 0,37 (0,01) |
| 150 | 0,106 | 10,83 ± 0,50 (0,04) |
| <150 | <106 | 26,08 ± 0,60 (0,02) |
| Índice de uniformidade | | Modulo de finura² |
| F:M:G¹ | | |
| 7,17:2,63:0,05 ± 0,04 (0,01) | | 1,69 ± 0,01(0,01) |

¹F = partículas finas; M = partículas médias; G = partículas grossas. ²Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de Variação).

Além disso, segundo Raghavendra et al. (2006), a redução no tamanho das partículas tem efeito significativo sobre a estrutura física das fibras, que estão relacionadas com a capacidade de retenção de água e capacidade de inchamento. Raghavendra et al (2006) estudaram as características da moagem e redução do tamanho de partículas, sobre a capacidade de retenção de água na fibra de coco, observando que a redução das partículas aumentou as propriedades de hidratação. Segundo Cadden (1987), isso pode ter ocorrido devido ao corte da parede celular e o colapso da estrutura da matriz, a partir da moagem, e o vinco na área superficial. Além disso, é reportado que com o aumento da capacidade de

absorção de água, pode-se também, aumentar a susceptibilidade enzimática (BORGES et al., 2003; LINDEN, LORIENT, 1994).

O aspecto geral da FP pode ser avaliado pelas micrografias em microscópio eletrônico de varredura, para o aumento de x100 e x500 (Figuras 1 e 2). As estruturas presentes na FP apresentaram-se soltas, possuindo aspecto quebradiço, devido, provavelmente, ao baixo teor de umidade e à presença de grande quantidade de fibras, pois a FP é feita das bainhas residuais do palmito, as quais são mais fibrosas e rígidas, do que o palmito comercializado. Essas fibras podem ser classificadas de acordo com o papel que exercem na planta, sendo assim, denominadas estruturais, a celulose, hemicelulose e pectina; e não estruturais, as ligninas. Desse modo, o material analisado possui formas e superfícies irregulares, com várias estrias e fendas, causadas pelo processo de moagem, após a secagem da matéria-prima.

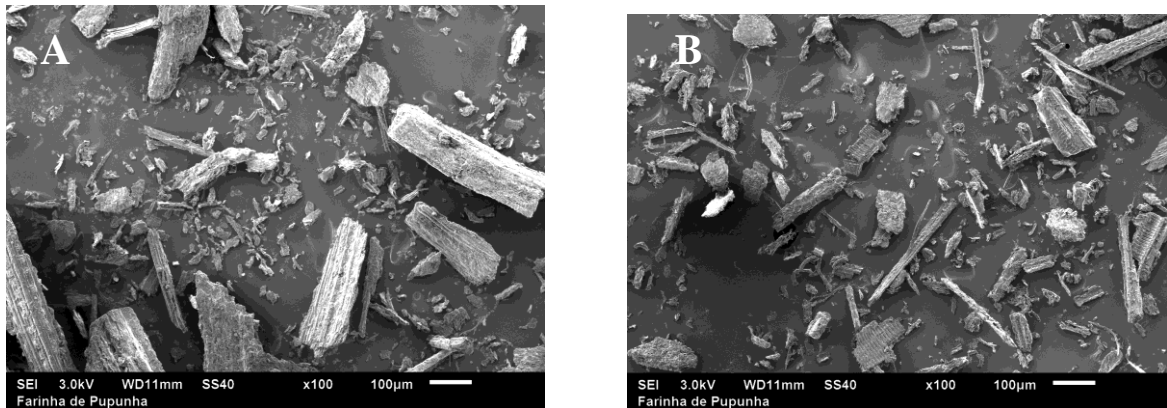


Figura 1: Microscopia eletrônica de varredura da FP. A e B: aumento de x100, 100µm.

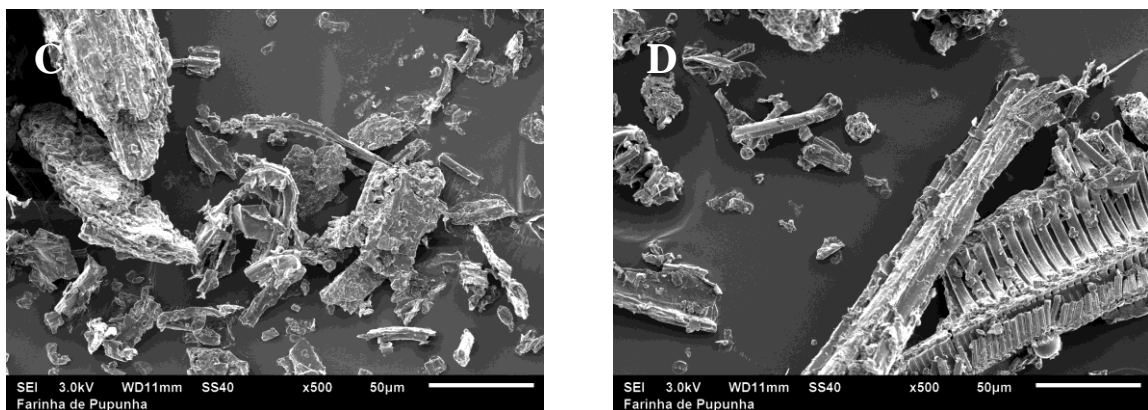


Figura 2: Microscopia eletrônica de varredura da FP. C e D, aumento de x500, 50 µm.

Os resultados de pH, acidez titulável total e atividade de água (A_w), da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP), estão apresentados na tabela 3. A farinha possui pH (5,46) superior ao encontrado por outros autores para farinhas não

convencionais, produzidas a partir de resíduos alimentares como, por exemplo, a farinha da casca da batata inglesa (pH 4,96), estudada por Fernandes et al. (2008) e a farinha de resíduos de acerola (pH 3,32), estudada por Aquino et al. (2010).

Tabela 3: Análises de pH, acidez titulável total e atividade de água da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Determinações | FP ¹ |
|------------------------|---------------------|
| pH | 5,46 ± 0,022 (0,00) |
| Acidez titulável total | 1,36 ± 0,16 (0,12) |
| Aw | 0,30 ± 0,003 (0,01) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio padrão (coeficiente de variação).

A medida do pH é um fator importante, pois envolve a limitação da capacidade de desenvolvimento de micro-organismos e atividades enzimáticas, além de contribuir para procedimentos tecnológicos com vista à conservação de alimentos (CECCHI, 2003; SOUZA et al., 2008). Conseqüentemente, o pH está relacionado com a vida útil do alimento, sendo que valores próximos à neutralidade, favorecem o crescimento de micro-organismos. Entretanto, em alimentos caracterizados como muito ácidos vários micro-organismos são completamente impedidos de crescer, mesmo sem tratamento térmico (AZEREDO; BRITO, 2004; SILVA JUNIOR; HOFFMANN; MANSOR et al. 2001; SPOTO, 2006).

Além da inibição do crescimento microbiano, a acidez é um importante parâmetro na avaliação do estado de conservação do produto alimentício que envolve aspectos químicos como a deterioração hidrolítica, que eleva os teores de ácidos graxos livres na farinha, promovendo o processo de oxidação lipídica (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998; HANSEN; ROSE, 1996; ORDONEZ, 2005; PIXTON; WARBURTON; HILL, 1975). Segundo Cecchi (2003), a acidez pode influenciar no sabor, odor, cor, estabilidade e manutenção da qualidade de produtos alimentícios, devido aos ácidos orgânicos presentes, entretanto, a FRAMEMIP apresentou baixo teor de acidez, o que representa menor teor de ácidos orgânicos livres e menor alteração no sabor, tornando-a atrativa ao consumidor.

Apesar da baixa atividade de água da FP (0,30), este parâmetro não pode ser associado, diretamente, à conservação das farinhas em geral, pois segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010), embora os processos de concentração e desidratação sejam utilizados para redução do teor de água de um alimento, com o objetivo de reduzir a perecibilidade, o

conteúdo de água por si só, não é um indicador confiável da conservação do alimento, fato este atribuído, em partes, às diferenças da intensidade com a qual a água está associada à constituintes não aquosos.

Entretanto, o teor de água livre representa uma relação importante para a conservação, pois está diretamente ligada à alterações químicas, físicas e microbiológicas, durante o armazenamento (ROCKLAND; NISHI, 1980). Espera-se, portanto, que a água fortemente associada, seja menos capaz de dar suporte à atividades de degradação, do que a água fracamente associada. Assim, o termo atividade de água (A_w) foi desenvolvido para indicar a intensidade com a qual a água associa-se à constituintes não aquosos (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010). E devido à baixa atividade de água da FP, esta não é um bom meio para proliferação de micro-organismos e fungos, pois, segundo Spoto (2006), a A_w pode alterar o crescimento dos micro-organismos em razão da influência da pressão osmótica e atividade metabólica, em baixos níveis de água disponível.

A FP encontra-se dentro da faixa de segurança para proliferação microbiológica, mas pode estar exposta à reações químicas de degradação como a rancidez oxidativa, pois segundo Fellows (2006), Ribeiro e Seravalli (2007), alimentos com atividade de água menor que 0,30 e abaixo da monocamada de BET (modelo cinético baseado na formação de camada monomolecular pelo processo de adsorção de vapor de água pela superfície do sólido seco a baixas pressões de vapor), onde, praticamente, não ocorrem reações químicas, enzimáticas e microbiológicas, podem ocorrer outras reações como a rancidez oxidativa e reações de escurecimento por Maillard, que afetam a vida útil do alimento. Deste modo, a qualidade e conservação do alimento é largamente dependente do teor de umidade, bem como da migração da umidade e/ou absorção de umidade pelo alimento durante o armazenamento (SAHIN; SUMNU, 2006). Portanto, recomenda-se que a A_w da FP, não seja reduzida a níveis inferiores à 0,3, para evitar a perda na qualidade e vida útil.

A composição proximal, da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) estão apresentados na tabela 4. A FP apresentou umidade de 4,74%, estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação americana e brasileira, nas quais preconizam o valor máximo de 15% de umidade, para farinha de trigo (BRASIL, 2005; U.S, 2011), sendo considerada de baixa umidade quando comparada à umidade máxima para farinha de trigo, ingrediente mais utilizado em preparações de panificação.

Tabela 4: Composição nutricional da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Composição | FP ^{1,2} |
|---|----------------------|
| Umidade (%) | 4,74 ± 0,17 (0,03) |
| Cinzas (g(100g) ⁻¹) | 4,69 ± 0,33 (0,07) |
| Proteínas (g(100g) ⁻¹) | 5,03 ± 0,21 (0,04) |
| Lipídios (g(100g) ⁻¹) | 2,12 ± 0,20 (0,08) |
| Carboidratos (g(100g) ⁻¹) | 83,42 ± 0,22 (0,00) |
| Valor calórico (Kcal(100g) ⁻¹) | 372,88 ± 0,22 (0,00) |
| Fibra Alimentar Solúvel (g.100g ⁻¹) | 3,40 ± 0,66 (0,19) |
| Fibra Alimentar Insolúvel (g.100g ⁻¹) | 49,53 ± 0,03 (0,00) |
| Fibra Alimentar Total (g.100g ⁻¹) | 52,93 ± 0,66 (0,19) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de variação).

Relacionando-se a umidade da FP, com outras farinhas de resíduos de palmeiras, como a farinha das bainhas residuais de palmeira real (5,18%), estudada por Simas et al. (2010) e farinha das bainhas e folhas da palmeira real (8,81%), estudada por Vieira et al. (2009) e, também, com farinhas de outros resíduos, como a farinha da casca de mandioca (9,6%), estudada por Vilhalva et al. (2011) e a farinha de albedo de laranja (11,75%), estudada por Bublitz (2013), a FP, também, apresentou valores mais baixos, entretanto, em relação às farinhas de coco (3,6%) estudada por Trinidad et al. (2009) e a farinha de banana verde (3,30%), estudada por Borges, Pereira e Lucena (2009), o teor de umidade foi superior.

A baixa umidade da FP favorece a segurança microbiológica do produto e aumenta a sua vida útil, pois segundo Fellows (2006), a água é um componente inerente aos alimentos, que pode acelerar o processo de deterioração. Assim, a redução do teor de umidade, por meio da secagem das bainhas foliares do palmito, reduz a deterioração, uma vez que reduz a água disponível para a proliferação dos micro-organismos, reações químicas e atividades metabólicas e enzimáticas (CHAVES et al., 2004; PALACIN et al. 2009). Para mais, a redução da umidade, por processos de secagem, permite a redução de peso que é, geralmente, também acompanhada da diminuição do volume, fato que incide na redução dos custos com transporte, embalagem e armazenamento de produtos desidratados, sendo estes, fatores de estímulo para a sua produção e comercialização (FELLOWS; 1994).

O teor de cinzas, encontrado na FP (4,69 g(100g)⁻¹), foi superior ao relatado por outros autores para farinhas de resíduos de palmeiras, ou seja, 3,27 g(100g)⁻¹ (Simas et al., 2010) e 4,28 g(100g)⁻¹ (Vieira et al., 2009) e, também, quando comparadas à outras farinhas alternativas, como a farinha de coco (3,1 g(100g)⁻¹), estudada por Trinidad et al. (2009), a farinha de albedo de laranja (2,45 g(100g)⁻¹), estudada por Bublitz (2013), a farinha de banana

verde ($2,59 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Borges, Pereira e Lucena (2009), e a farinha de Yacon ($3,39 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Vasconcelos et al. (2010).

Entretanto, o teor de cinzas na FP, foi inferior à farinha de sementes de Melinjo (*Gnetum gnemon L*) ($5,50 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ em base seca), estudada por Bhat e Yahya (2014) e, comparando-se, com o teor de cinzas da farinha de trigo ($1,01 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), segundo a FAO (1997), a FP apresentou teor mais significativo. Logo, a aplicação dessa farinha, em substituição parcial à farinha de trigo, pode trazer benefícios nutricionais, principalmente, se comparada à algumas farinhas de resíduos já estudadas. Esta disparidade pode ser explicada por diversos fatores como a diferença da espécie, a composição do solo, localização geográfica, clima e procedimentos analíticos utilizados, que podem interferir, diretamente, na presença de minerais e cinzas nos alimentos (ORDÓÑEZ, 2005; SALINAS, 2002).

O conteúdo de proteínas, encontrado na FP ($5,03 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), foi superior ao encontrado em outras farinhas de resíduo de palmeiras, nos quais foram relatos $3,51 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ (SIMAS et al., 2010) e $3,62 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, (VIEIRA et al., 2009). Entretanto, foi inferior, quando comparados às outras farinhas alternativas, como na farinha de coco ($12,1 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Trinidad et al. (2009), farinha de albedo de laranja ($5,89 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Bublitz (2013) e farinha de sementes de Melinjo ($19,00 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, em base seca), estudada por Bhat e Yahya (2014).

Apesar do baixo teor de proteínas presente na FP, esta é, intimamente, ligada às propriedades organolépticas e de textura, o que reflete, também, nas propriedades tecnológicas da farinha (MAHAN; ARLIN, 1994; OLIVEIRA; MARCHINI, 1998). As interações entre as proteínas e outros componentes presentes nos alimentos, como lipídios, carboidratos e água, determinam a utilidade da proteína em sistemas alimentares e influenciam na aparência física e no comportamento das biomoléculas de um alimento, afetando as propriedades tecnológicas deste, bem como o processo, o preparo e os atributos de qualidade (KINSELLA, 1978; MIZUBUTI et al. 2000; ZAMBRANO; MELÉNDEZ; GALLARDO, 2001).

O teor de lipídios, na FP ($2,12 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), foi superior aos de farinhas de outras palmeiras, ($0,91 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudadas por Simas et al. (2010) e ($0,98 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) Vieira et al. (2009), à farinha de albedo de laranja ($0,42 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Bublitz (2013) e ao teor de lipídios estabelecido pela a FAO (1997), para farinha de trigo ($1,76 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$). Entretanto, foi menor em relação à farinha de sementes de Melinjo ($2,76 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, base seca), estudada por Bhat e Yahya (2014) e à farinha de coco ($10,9 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Trinidad et al. (2009). O teor de lipídios na FP é benéfico, tendo em vista que, a farinha de trigo é o principal

ingrediente para produtos de panificação, e segundo Perry et al. (2003), os lipídios produzem biscoitos mais macios e massas mais curtas, ou seja, menos extensíveis. Pois, a gordura contribui para lubrificar a massa e reduzir os tempos de mistura, melhorar a absorção, aumentar o volume, melhorar a cor, suavizar as superfícies, a estabilidade e a vida útil, do produto (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001).

A FP possui valores de carboidratos altos ($83,42 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), sendo que alimentos ricos, nesta fração, podem ser utilizados para enriquecer, energeticamente, a alimentação, seja pelo consumo direto ou por meio da inclusão no desenvolvimento de novos produtos (ABUD; NARAIN, 2009). Em relação ao valor calórico (372,88 Kcal) da FP, esta pode ser dita como calórica, quando comparado à farinha dos resíduos de palmeira real, estudada por Vieira et al. (2009), $60,94 \text{ Kcal}(100\text{g})^{-1}$. A FP é uma alternativa viável para o enriquecimento energético de produtos alimentícios, devido às quantidades de proteínas, carboidratos e lipídeos, que são os principais componentes alimentares que contribuem para o fornecimento de energia para a dieta. Segundo Maihara et al. (2006), a energia fornecida em forma de ATP, é necessária para suprir várias funções no organismo humano, como a respiração, circulação, trabalho físico e a síntese proteica, por exemplo.

A FP possui valor de fibra alimentar solúvel ($3,40 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) semelhante, se comparado à farinha dos resíduos de palmeiras ($3,65 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Vieira et al. (2009) e ($8,51 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) Simas et al. (2010), à farinha do pseudo cereal *Amaranthus cruentus* ($4,29 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Escudero et al. (2004) e à farinha de feno grego, estudada por Hooda e Jood (2005) que variou entre 4,05 e $4,85 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$. Entretanto, possui maior teor de fibra alimentar solúvel, em relação à outras farinhas de resíduos, como a farinha de sementes de Melinjo ($1,47 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, base seca) estudada por Bhat e Yahya (2014), à farinha de coco ($3,8 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Trinidad et al. (2006), e à farinha da casca de mandioca ($1,83 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), estudada por Vihalva et al. (2011).

A adição de fibra alimentar nos produtos alimentícios, pode desempenhar o papel de agente estabilizador e afetar a textura, e a fibra alimentar solúvel, em particular, pode contribuir para a estabilização de dispersões e emulsões, por meio da formação de gel ou espessamento da fase contínua (OREOPOULOU; TZIA, 2007).

Além disso, sabe-se que a fibra alimentar possui uma estrutura diferente de uma fração para outra, conseqüentemente, as implicações nutricionais diferem-se entre si. Logo, as frações da fibra solúvel (pectina, goma, e algumas hemiceluloses) causam a fermentação bacteriana no trato gastrointestinal e influenciam no metabolismo dos carboidratos e gorduras. Dessa forma, é classificada como fibra viscosa ou fermentável, e tem ação hipolipêmica, pois

eleva a viscosidade do intestino delgado, reduzindo a absorção lipídica e ligação de ácidos biliares, aumentando o catabolismo do colesterol pela transformação desses ácidos no fígado. Além disso, é fermentada pela microflora no intestino grosso e o propionato, um dos produtos da fermentação, pode inibir a síntese de colesterol no fígado (ANDERSON et al., 2009).

Em relação à fibra alimentar insolúvel, a FP apresentou menor teor ($49,53 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), quando comparada às farinhas dos resíduos de palmeiras, ($62,33 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) estudadas por Simas et al. (2010) e ($69,2 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) Vieira et al. (2009), e à farinha de coco ($56,8 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) estudada por Trinidad et al. (2006). Entretanto, possui maior teor de fibra alimentar insolúvel, em relação à outras farinhas alternativas, como a farinha de feno grego estudada por Hooda e Jood (2005), que variou entre $5,86$ e $8,23 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, à farinha de casca de mandioca ($48,66 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) estudada por Vihalva et al. 2011, à farinha do pseudo cereal *Amaranthus cruentus* ($5,54 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) estudada por Escudero et al. (2004), e à farinha de sementes de Melinjo ($13,00 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$, base seca), estudada por Bhat e Yahya (2014).

A FP pode ser adicionada em produtos alimentícios, devido à grande quantidade de fibra alimentar insolúvel, acrescentando à estes, propriedades fisiológicas benéficas, como a prevenção de doenças do sistema gastrointestinal e alguns tipos de câncer, e age, também, como coadjuvante em produtos para redução de peso, devido ao aumento da saciedade. As frações insolúveis (celulose, lignina, hemicelulose) melhoram o trânsito gastrointestinal e auxiliam na redução da constipação, exercendo efeito inibidor sobre o desenvolvimento de alguns tipos de câncer, pelo estímulo do crescimento da microflora intestinal, impedindo o crescimento de bactérias putrefativas, induz à saciedade, devido à absorção de água e inchamento, ocupando maior espaço no estômago, reduzindo a necessidade de se consumir mais alimentos, aumentando o bolo fecal e promovendo melhor funcionamento do sistema digestivo (ANDERSON et al., 2009; BINGHAM et al. 2003).

Ingredientes ricos em fibras são muito utilizados em produtos alimentícios, devido ao seu efeito na textura e estabilização. A fibra insolúvel, em especial, aumenta a firmeza dos produtos e proporciona alta capacidade de absorção de gordura (LARRAURI, 1999; OREOPOULOU; TZIA, 2007). Quando adicionada à qualquer formulação, pode absorver o óleo presente e quanto maior for a capacidade de absorção de gordura da fibra, maior será a retenção do sabor e rendimento de produto, podendo assim, ser adicionadas com êxito em biscoitos, produtos de confeitaria, bebidas, molhos, sobremesas e iogurte (LARRAURI, 1999; THEBAUDIN et al., 1997). Logo, a FP, pode contribuir para melhor absorção de água e óleo nas massas, devido à presença significativa de fibra alimentar insolúvel, melhorando as

propriedades organolépticas e de textura, tornando o produto alimentício, ao qual for adicionada, atrativa para o consumidor.

A FP apresentou teores de fibra alimentar, solúvel (3,40%) e insolúvel (49,53%), menores que à farinha do resíduo de palmeira real (8,51% e 61,44%, respectivamente), estudada por Simas et al., (2010). Este resultado já era esperado, tendo em vista que é reportado na literatura (SOARES, 1997), que a pupunheira possui palmito de textura mais macia que as demais espécies, podendo relacionar a maciez do palmito às bainhas que o envolvem e, conseqüentemente, à menor quantidade de fibras presentes na farinha. Essa diferença pode ser explicada, não somente, pelo método de análise e secagem empregado, mas também pelas condições ambientais e botânicas do vegetal utilizado, pois segundo Rahman et al., (2002), a composição química depende da variedade, da espécie, das condições de solo e região, na qual o vegetal é condicionado.

Em relação ao conteúdo de fibra alimentar total, a FP apresentou menor valor (52,93 g(100g)⁻¹), quando comparada à farinha de coco (60,9 g.100g⁻¹), estudada por Trinidad et al. (2006). No entanto, apresentou valores superiores, quando comparada à outras farinhas, como a farinha de casca de mandioca (50,49 g(100g)⁻¹), estudada por Vihalva et al. (2011) e a farinha de sementes de Melinjo (14,5 g(100g)⁻¹, base seca), estudada por Bhat e Yahya (2014).

Pode-se considerar, portanto, que a FP é um produto rico ou com alta quantidade de fibras, pois segundo a legislação brasileira, deve-se atender 6g de fibra por 100g, no mínimo, de produto, para assim ser designado (BRASIL, 2012). Por sua vez, a FP ou o produto ao qual esta for adicionada, pode ser dito como nutracêutico, pois este termo é empregado para o alimento ou parte de um alimento que proporciona benefícios médicos e de saúde, incluindo a prevenção e/ou tratamento de doenças. Segundo Andlauer e Furst (2002), os nutracêuticos podem ser classificados como fibras alimentares, ácidos graxos poliinsaturados, proteínas, peptídios, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas antioxidantes e outros antioxidantes como a glutatona e o selênio.

Tais produtos podem abranger desde nutrientes isolados, suplementos dietéticos na forma de cápsulas e dietas, até os produtos benéficamente projetados, produtos herbais e alimentos processados tais como cereais, sopas e bebidas (ANDLAUER; FURST, 2002; HUNGENHOLTZ, 2002; KWAK, JUKES, 2001, ROBERFROID, 2002), além de produtos de panificação, massas alimentícias, produtos cárneos, biscoitos, entre outros, em substituição parcial à farinha de trigo ou em formulações com restrição de glúten.

O valor de referência estimado de ingestão diária de fibra total, para homens e mulheres, entre 19 e 50 anos, varia entre 25 e 38 g por dia, segundo O *Institute of Medicine* (2010). Portanto, a FP se adicionada à produtos alimentícios, pode fornecer altas quantidades de fibra alimentar na dieta, favorecendo, principalmente, a saciedade, o trânsito intestinal e a redução de doenças do trato gastrointestinal. Segundo Nawirska e Ulanska (2008), sua utilização, é eficaz, em termos de custos e gestão racional da problemática de resíduos.

Os vegetais são fontes baratas de fibra alimentar, e quando estas são adicionadas à produtos alimentícios, as propriedades organolépticas, tecnológicas e nutricionais são beneficiadas (ABDUL-HAMID, LUAN, 2000). A tabela 5 dispõe dos resultados das propriedades tecnológicas obtidas nas análises da FP.

Tabela 5: Propriedades tecnológicas da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Parâmetros Tecnológicos¹ | IAA (g.g ⁻¹) | IAO (g.g ⁻¹) | IAL (g.g ⁻¹) | AS (%) | SL (%) | CE (%) | EE (%) | CFE (%) | EEM (%) | FG |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----|
| FP² | 9,81 ± 0,89 (0,09) | 5,13 ± 0,37 (0,07) | 8,49 ± 0,19 (0,02) | 20,64 ± 0,91 (0,04) | 21,81 ± 0,97 (0,04) | 8,80 ± 0,55 (0,06) | 6,40 ± 0,89 (0,13) | 15,33 ± 0,55 (0,03) | 15,33 ± 0,55 (0,03) | NFG |

¹IAA= Índice de absorção de água; IAO= Índice de absorção em óleo; IAL= Índice de absorção em leite; SA= Solubilidade em água; SL= Solubilidade em leite; CE= Capacidade espumante em % de aumento de volume; EE= Estabilidade de espuma após 2 horas; CFE= Capacidade de formação de emulsão; EEM= Estabilidade de emulsão; FG= Formação de gel. NFG= Não houve formação de gel. ²Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de variação).

O Índice de absorção de água (IAA) da FP (9,81 g.g⁻¹) apresentou-se próximo ao encontrado por Capitani et al. (2012), para produtos à base de sementes de chia (que variou de 9,19 à 11,88 g.g⁻¹), e segundo este autor, uma absorção de água próxima a estes valores, pode ser pontuada como ótima capacidade de retenção de água, quando comparada à produtos à base de canola (3,90 g.g⁻¹) e soja (3,28 g.g⁻¹), estudadas por Khattab e Arntfield (2009).

O Índice de absorção de água (IAA) representa a afinidade de uma substância associar-se com a água, sob uma limitada condição aquosa, sendo que a composição básica que aumenta o IAA são as proteínas e carboidratos, em especial as fibras. Além disso, é necessário que estes constituintes contenham partes hidrofílicas, cadeias laterais polares e carregadas (HODGE; OSMAN, 1976; POMERANZ, 1985; SINGH, 2001). Logo, devido à alta quantidade de fibra alimentar presente na FP (52,93 g(100g)⁻¹), esta possui ótima capacidade de reter água, devido ao principal efeito fisiológico da fibra de inchar e absorver água.

Para a produção industrial de alimentos com baixa umidade, a absorção de água é um fator-chave para a matéria-prima, no qual a umidade dos ingredientes influencia nas propriedades de textura e atributos sensoriais (RAMÍREZ-JIMÉNEZ, 2014). Farinhas com alta capacidade de retenção de água podem ser utilizadas como bons ingredientes na panificação, bem como, formulação de pães, pois, a alta absorção de água possibilita maior adição de água à massa, mantendo assim o frescor do pão.

Além disso, a absorção de água é uma propriedade crítica das proteínas em alimentos viscosos, como sopas, massas, cremes, entre outros, pois supostamente, estes produtos devem absorver água, sem dissolução da proteína, proporcionando corpo, espessamento e viscosidade (SEERAMA et al. 2012). Deste modo, as fibras, também, são adicionadas aos produtos cárneos, a fim de aumentar o rendimento, devido às suas propriedades de retenção de água e de gordura. Entretanto, em alimentos fritos, a adição de fibras reduz a retenção de lípidos e aumenta o teor de umidade (RAGHAVENDRA et al., 2006). A capacidade de absorção de água e óleo são as propriedades funcionais mais interessantes para as fibras insolúveis, destinadas à ingredientes alimentares (MOURE et al. 2004). Tanto a composição quanto a estrutura da fibra, podem influenciar a capacidade de retenção da água e do óleo (MOURE et al. 2004).

Em relação ao Índice de Absorção em Óleo (IAO), a FP apresentou baixa capacidade de retenção de gordura ($5,13 \text{ g.g}^{-1}$), entretanto, este valor é considerado bom, quando comparado aos resultados encontrados por Khattab e Arntfield, (2009) para produtos à base de linho ($2,01 \text{ g.g}^{-1}$) e canola ($2,09 \text{ g.g}^{-1}$). A capacidade de absorção em óleo, nos alimentos, baseia-se principalmente na sua capacidade de prender, fisicamente, o óleo por um processo de atração capilar complexo.

Em muitas aplicações em alimentos, como alimentos cárneos e emulsões, a habilidade de um componente alimentício reter óleo é uma importante característica, pois a gordura atua como um retentor de sabor, consistência e suculência do produto (KHATTAB; ARNTFIELD, 2009). Além disso, o tamanho das partículas pode influenciar capacidade de retenção de óleo, no qual partículas menores têm relativamente mais superfície de contato e, portanto, teoricamente, seria capaz de reter mais óleo (LÓPEZ; ELMALEH; GHAFFOR, 1995). E dessa maneira, a FP é beneficiada, devido aos tamanhos das partículas, que se enquadram entre fina e muito fina, ocasionando maior retenção de gordura, que influencia de forma positiva nas propriedades tecnológicas, melhorando também as características de organolépticas.

Em relação ao índice de solubilidade de água (ISA), a FP possui valores superiores

(20, 64%) ao encontrados por Sreerama et al. (2012), para farinha de feijão das variedades Chickpea (7,4%), Cowpea (6,8%) e Horse gram (8,2%). A FP, também, possui ótima capacidade de absorção no leite ($8,49 \text{ g.g}^{-1}$) e solubilidade em leite (21,81%). Essas propriedades tecnológicas são importantes para a aplicação da farinha em cereais matinais ou à base de leite, como refeições instantâneas para crianças, sobremesas e bebidas lácteas, cremes, queijos e doces (BECKER et al. 2014).

Portanto, devido às propriedades de absorção em água, óleo e leite, solubilidade em água e leite, a FP pode ser empregada na indústria alimentícia, em substituição parcial à farinha de trigo, ou adição em produtos como pães, bolos e biscoitos, produtos cárneos, sopas, cremes, produtos lácteos, entre outros.

Em relação à formação de emulsão, os valores encontrados para a FP foram baixos (15,33%), se comparados aos encontrados por Sreerama et al. (2012), para Chickpea (48,8%), Cowpea (53,2,%) e Horse gram (58,1 %); e à farinha de macadâmia (entre 49,05 e 56,21%) estudada por Jitngarmkusol et al. (2008). A FP, não possui altas quantidades de proteínas ($5,03 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) o que interfere na capacidade de formação de emulsão, pois, tem sido reportado na literatura que a capacidade de formação de emulsão depende diretamente da proteína, uma vez que a emulsão depende de uma rápida adsorção, desdobramento e redirecionamento das proteínas na interface óleo e água (CARVALHO et al., 2006).

Para as farinhas de Chickpea, Cowpea, Horse gram e de macadâmia, os autores observaram redução da estabilidade de emulsão, entretanto para a FP os valores para formação de emulsão e estabilidade mantiveram-se constantes. Isso se deve, a baixa solubilidade de proteína que pode gerar a redução na capacidade de ação de agentes tensoativos e adsorção da interface óleo e água (DICKINSON, 1994; MCWATTERS, 1983).

Para a Capacidade Espumante (CE), a FP apresentou 8,80%, valor próximo ao encontrado por Maruatona et al. (2010), para farinha de soja comercial desengordurada e aquecida (9,5%), entretanto, o valor é considerado baixo quando comparado à farinha de macadâmia (que variou entre 22,67 e 126,00 %), estudada por Jitngarmkusol et al. (2008). Em relação à estabilidade de espuma, após duas horas, houve redução na formação da espuma da FP, de 8,80% para 6,40%, representando 72% de estabilidade, sendo este valor superior ao encontrado na farinha de macadamia (que variou entre 56,27% e 91,85 %), encontrada por Jitngarmkusol et al. (2008).

Assim, a boa formação e estabilidade de espumas nos alimentos são atribuídos à presença de polissacarídeos nos mesmos e compostos nitrogenados não proteicos (CHERRY; MCWATERS, 1981). A razão para farinhas serem capazes de formar espumas, é que as

proteínas encontradas são ativas superficialmente. Além disso, moléculas de proteínas podem desdobrar-se e interagir umas com as outras para formar multicamadas de proteínas, aumentando a flexibilidade da interface ar e líquido. Como resultado, é mais difícil para as bolhas de ar quebrarem-se e as espumas tornarem-se mais estáveis (ADEBOWALE; LAWAL, 2003).

A FP apresentou baixo teor de proteínas ($5,03 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) e, conseqüentemente, baixa formação de espuma, portanto, não é um bom aditivo para produtos de confeitaria que necessitam de formação de espumas, ao contrário da farinha de Chickpea, Cowpea e Horse gram, estudados por Seerama et al. (2012), que apresentaram boa capacidade de formação de espuma, acima de 41%. Além da baixa quantidade de proteínas presentes na FP, pode ter ocorrido, também, a redução da capacidade espumante, devido à temperatura empregada na secagem da farinha (80°C). A utilização de altas temperaturas podem desnaturar proteínas e ocasionar redução na capacidade de formação e estabilidade de espumas (LIN; HUMBERT; SOSULSKI, 1974; RAHMA; MUSTAFA, 1988),

Não foi observada formação de gel para a FP, pois Zheng et al. (2008), a formação de gel está relacionada com a desnaturação protéica e alterações na estrutura de polissacarídeos, como o amido, que durante a extrusão ou aquecimento, passam a formar mais ligações cruzadas, originando extensas redes tridimensionais, responsáveis por melhorar a capacidade de formação de gel determinando a qualidade e textura do produto alimentício.

4 CONCLUSÃO

A FP apresentou cor clara e atrativa, alto conteúdo de fibra alimentar insolúvel, boa absorção e solubilidade em água e leite, podendo ser empregada em produtos de panificação. Dessa maneira, a aplicação da FP em alimentos, pode ser empregada em substituição parcial à farinha de trigo, contribuindo nutricionalmente e melhorando as propriedades tecnológicas do produto alimentício ao qual esta for empregada.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, Barking, v. 68, p. 15–19, 2000.
- ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 12, n. 4, p.257-265, 2009.
- ADEBOWALE, K O.; LAWAL, O. S. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of macuna bean (*Macuna pruriens*) protein concentrate. **Food Chemistry**, Barking, v. 83, p. 237-246, 2003.
- ANDERSON, J. W.; BAIRD, P.; DAVIS, R. H. JR.; FERRERI, S.; KNUDTSON, M.; KORAYM, A. Health benefits of dietary fiber. **Nutrition Reviews**, v. 67, n. 4, p. 188-205, 2009.
- ANDLAUER, W.; FÜRST, P. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. **Food Research International**. Washington, v. 35, p. 171-176, 2002.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18th ed, 3th Review, Washington: AOAC, 2006.
- AQUINO ACMS, MÓES RS, LEÃO KMM, FIGUEIREDO AVD, CASTRO AA. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 69, n. 3, p. 379-86, 2010.
- ATWATER, W. O.; WOODS, C. D.; **The Chemical Composition of American Food Materials**. Department of Agriculture; Office of Experiment Stations; U.S. Bulletin, Washington, n. 28, P. 47, 1896.
- AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. Tendências em Conservação de Alimentos. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2004, p. 135-150.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. Atheneu, Serie ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição, 1998, p. 317.
- BATTISTELLA, N.; COLOMBO, J. R.; ABREU, K. C. K. Importância da Cor nas Embalagens como Fator Influenciador no Momento da Compra. **Biblioteca online de Ciência da Comunicação**. 2010.
- BECKER, F. S.; DAMIANI, C.; MELO, A. A. M.; BORGES, P. R. S.; VILAS BOAS, E. V. B. Incorporation of buriti endocarp flour in gluten-free whole cookies as potential source of dietary fiber. **Plant Foods for Human Nutrition**, Mexico, v. 69, p. 344–350, 2014.
- BENASSI, V. T.; WATANABE, E.; LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 225-242, 2001.

BHAT, R.; YAHYA, N. B. Evaluating belinjau (*Gnetum gnemon* L.) seed flour quality as a base for development of novel food products and food formulations. **Food Chemistry**, Barking, v. 156, p. 42–49, 2014.

BINGHAM, S. D. N.; LUBEN, R.; FERRARI, P.; SLIMANI, N.; NORAT, T.; CLAVEL-CHAPELON, F.; KESSE, E.; NIETERS, A.; BOEING, H.; TJONNELAND, A.; OVERVAD, K.; MARTINEZ, C.; DORRONSORO, M.; GONZALEZ, C. A.; KEY, T. J.; TRICHOPOULOU, A.; NASKA, A.; VINEIS, P.; TUMINO, R.; KROGH, V.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; PEETERS, P. H.; BERGLUND, G.; HALLMANS, G.; LUND, E.; SKEIE, G.; KAAKS, R.; RIBOLI, E. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study, **Lancet**, v. 361, p. 1496–1501, 2003.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of biochemistry and physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917. 1959

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização de farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 333-339, 2009.

BORGES, S. A. FISCHER, S.; MAJORKA, A. V.; HOOGE, D. M; CUMMINGS, K. R. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat stress environments. **Poultry Science**, Ithaca, v.82, p.428-435, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, de 13 de novembro de 2012. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 27 de setembro de 2014.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 03 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 junho. 2005, Seção 1, n. 105, p. 91. Disponível em: < <http://sistemasweb.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 29 de outubro de 2014.

BUBLITZ, S.; EMMANOUILIDIS, P.; OLIVEIRA, M. S. R.; ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; CORBELLINI, V. A.; MARQUARDT, L. Produção de uma farinha de albedo de laranja como forma de aproveitamento de resíduo. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 3, n. 2, p. 112-121, 2013.

CADDEN, A. M. Comparative effect of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, p. 1595–1599, 1987.

CAPITANI, M.I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S.M.; TOMÁS, M.C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. **Food Science and Technology**, v. 45, p. 94-102, 2012.

CARVALHO, A. V.; GARCIA, N. H. P.; AMAYA-FARFAN, J. Physicochemical properties of the flour, protein concentrates, and protein isolate of the cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum) seed. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, p. 573-578, 2006.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, p. 212.

CHAIMSOHN, F. P. **Cultivo de Pupunha e produção de palmito**. Viçosa: Aprenda Fácil. 2000. 121p.

CHAVES, M. C. V; GOUVEIA, J. P. G; ALMEIDA, F, A. C; LEITE, J. C. A; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v. 4, n. 2, 2004.

CHERRY, J. P.; MCWATTERS, K. H. Whippability and aeration. In: CHERRY, J. P. **Protein functionality in foods**, 1981. p.176.

CLEMENT, C. R, Domestication of the Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*): Past and Present In The palm – Tree of Life: Biology, Utilization and Conservation. **Advances in Economic Botany**, New York, v. 6 p. 155-174, 1988.

COFFMANN, C. W.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 12, p. 473-484, 1977.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**, 4ª. Edição. Editorial Artmed. 2010, 900p.

DICKINSON, E. Protein-stabilized emulsions. **Journal of Food Engineering**, London, v. 22, p. 59–74, 1994.

ESCUADERO, N. L.; ARELLANO, M. L.; LUCO, J. M.; GIMENEZ, M. S.; MUCCIARELLI, S. I. Comparison of the Chemical Composition and Nutritional Value of *Amaranthus cruentus* Flour and Its Protein Concentrate. **Plant Foods for Human Nutrition**, Mexico, v. 59, p. 15–21, 2004.

FAO. World Health Organization. Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation. **FAO Food & Nutrition Paper**, v.140, p.14-18, 1997.

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre – RS: Artmed, 2006

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 56-65, 2008.

GALDINO, N. O.; CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 540-544, 2008.

HANSEN, L.; ROSE, M. S. Sensory acceptability is inversely related to development of fat rancidity in bread made from stored flour. **Research and Professional Briefs**, v.96, n.8, p.792-793, 1996.

HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural Process Engineering**. Westport, Connecticut, The Avi Publishing Company, 1976. 442p.

HODGE, J. C.; OSMAN, E. M. Carbohydrates. In__ FENNEMA, R. O. Principles of food science, Part I. **Food chemistry**, Barking, p. 97–200, New York, 1976.

HOODA, S.; JOOD, S. Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. **Nutrition & Food Science**, v. 35, n. 4, p. 229-242, 2005.

HUNGENHOLTZ, J.; SMID, E. J. Nutraceutical production with food-grade microorganisms. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 13, p. 497-507, 2002.

INSTITUTE OF MEDICINE - **Dietary Reference Intakes (DRIs): Estimated Average Requirements Food and Nutrition Board**. Institute of Medicine Institute of Medicine, National Academies. Disponível em <<http://www.iom.edu>> acesso em: 02/05/2015.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, p. 23–30, 2008.

JOAS, J.; LE BLANC, M.; BEAUMONT, C.; MICHELS, T. Physico-chemical analyses, sensory evaluation and potential of minimal processing of Pejibaye (*Bactris gasipaes*) compared to mascarenes palms. **Journal of Food Quality**, United Kingdom, v. 33, p. 216–229, 2010.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Functional properties of raw and processed canola meal. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 1119-1124, 2009.

KINSELLA, J. E. Texturized proteins: Fabrication, flavoring, and nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 10, p. 147. 1978.

KWAK, N.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. **Food Control**. v. 12, p. 99-107, 2001.

LARRAURI, J.A. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, n.1, p. 3-8, 1999

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 39, p. 368–370, 1974.

LINDEN, N. L.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. Zaragoza, Acribia, 1994. 426p.
LOPEZ, R. V.; ELMALEH, S. GHAFFOR, N. Cross-flow Ultrafiltration of hydrocarbon emulsions . **Journal of Membrane Science**, 102, p. 55-64, 1995.

MAHAN, L. K.; ARLIN, M. T. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 8 ed. Sao Paulo: Editora Roca, 1994. p. 957.

MAIHARA, V. A.; SILVA, M. G.; BALDINI, V. L. S.; MIGUEL, A. M. R.; FÁVARO, D. I. T. Avaliação nutricional de dietas de trabalhadores em relação a proteínas, lipídeos, carboidratos, fibras alimentares e vitaminas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 672-677, 2006.

MARUATONA, G. N.; DUODU, K. G.; MINNAAR, A. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. **Food chemistry**, Barking, v. 121, p. 400-405, 2010.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.1254-1255, 1992.

MCWATTERS, K.H. Composition, physical and sensory characteristics of Akara processed from cowpea paste and Nigerian cowpea flour. **Cereal Chemists**, v.60, n.5, p.333-336, 1983.

MINOLTA, K. chroma meter CR-300/CR-310/CR-321/CR-331/CR-331C **Intruction manual**. Osaka, Japan, 1991.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**. Sakai, 1998.

MIZUBUTI, I. Y.; BIONDO JR, O.; SOUZA, W. O.; SILVA, R. S. S.; IDA, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, p. 274 -280, 2000.

MONTEIRO, M. A. M.; STRINGHETA, P. C.; COELHO, D. T.; MONTEIRO, J. B. R. Estudo químico de alimentos formulados à base de palmito *Bactris gasipaes* H. B. K. (Pupunha) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 211-215, 2002.

MOURE, ANDRES.; DOURADO, F.; SINEIRO, J. GAMA, F. M.; DOMÍNGUEZ, H. Physicochemical, functional and structural characterization of fibre from defatted *Rosa rubiginosa* and *Gevuina avellana* seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 84, p. 1951–1959, 2004.

NAWIRSKA, A.; UKLANSKA, C. Waste products from fruit and vegetable processing as potential sources for food enrichment in dietary fibre. **ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**. v. 7, n. 2, p. 35-42, 2008.

OJUMU T, V.; SOLOMON, B. O.; BETIKU, E.; LAYOKUN, S. K.; AMIGUN, B. Cellulase production by *Aspergillus flavus* Linn Isolate NSPR 101 fermented in sawdust, bagasse and corncob. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.2, n.6, p.150-52, 2003.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 450-454, 1988.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier editora de Livros Medicos Ltda, 1998, 403 p.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos - Alimentos de origem animal**, Vol. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OREOPOULOU, V. E.; TZIA, C. **Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants and colorants**. In: __ Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry, OREOPOULOU, V. E.; TZIA, C. Springer Science Business Media, New York, 2007, p. 209-233,

OSHODI, A. A.; EKPERIGIN, M. M. Functional Properties of Pigen Pea (*Cajanus cajan*) Flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 39, p. 187-191, 1989.

PALACIN, J. J. F.; LACERDA FILHO, A. F.; MELO, E. C.; TEIXEIRA, E. C. Secagem combinada de café cereja descascado. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n. 17, n.3, p.244-258, 2009.

PERRY, J. M. et al. Instrumental and sensory assessment of oatmeal and chocolate chip cookies: modified with sugar and fat replacers. **Cereal Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 45-51, 2003.

PIXTON, S. W.; WARBURTON, S.; HILL, S. T. Long-term storage of wheat-III: Some changes in the quality of wheat observed during 16 years of storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 31, n. 3-4, p. 177-185, 1975.

POMERANZ, Y. **Functional properties of food components**. Florida, Academic Press, 1985. 536 p.

RAGHAVENDRA, S. N.; RAMACHANDRA, S.; RASTOGI, S. R.; RAGHAVARAO, N. K.; KUMAR, K. S. M. S.; THARANATHAN, R. N. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. **Journal of Food Engineering**, London, v. 72, p. 281–286, 2006.

RAHMA, E. H.; MUSTAFA, M. M. Functional properties of peanut flour as affected by different heat treatments. **Journal of Food Science and Technology**, v. 25, p. 11–15, 1988.

RAHMAN Z.U., ISLAM M., SHAH W.H., 2002. Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. **Food Chemistry**. Barking, v.80, p. 237-240.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K; REYNOSO-CAMACHO, R.; MENDOZA-DÍAZ, S.; LOARCA-PIÑA, G. Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. **Food Chemistry**, Barking, v. 161, p. 254–260, 2014.

RIBEIRO, E.P; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, n. 2, p. 105-10, 2002.

ROCKLAND, L. B.; NISHI, K. S. Influence of water activity on food product quality and stability. **Food technology**, v. 4, p. 42-52, 1980.

SAHIN, S.; SUMNU, S. G. **Physical Properties of Foods**. Ankara, Turkey, Springer, 2006, p. 250.

SALINAS, R. D. **Alimento e Nutrição: Introdução a Bromatologia**. In: Alimentos e vegetais. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 164-181, 2002.

SILVA JUNIOR, V.; HOFFMANN, F. L.; MANSOR, A. P. et al. Monitoramento da qualidade microbiológica de queijos tipo “Minas frescal” fabricados artesanalmente. **Indústria de Laticínios**, v. 10, n. 24, p. 71-75, 2001.

SIMAS, K.N.; VIEIRA, L. N.; PODESTÁ, R.; VIEIRA, M.A.; ROCKENBACH, I. I.; PETKOWICZ, C. L. O.; MEDEIROS, J. D.; FRANCISCO, A.; AMANTE, E.; AMBONI, R. D. M. C. Microstructure, nutrient composition and antioxidant capacity of king palm flour: a new potential source of dietary fibre. **Bioresource Technology**, New York, v.101, p. 5701-5707, 2010.

SINGH, U. Functional properties of grain legume flours. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 38, n. 3, p. 191-199, 2001.

SOARES, A. G. Palmito de pupunha – alternativas de processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 198-199, 1997.

SOUZA, P. A.; FINGER, F. L.; ALVES, R. E.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; MENEZES, J. B. Conservação pós-colheita de melão Charentais tratado com 1-MCP e armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 464-470, 2008.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciências e tecnologia de alimentos**. Barueri, 2006, p. 604.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M.; SINGH, V. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. **Food Chemistry**, Barking, v. 131, p. 462–468, 2012.

STEINMACHER, D.A.; GUERRA, M. P.; SAARE-SURMINSKI, K; LIEBEREI, R. A temporary immersion system improves *in vitro* regeneration of peach palm through secondary somatic embryogenesis. **Annals of Botany**, Oxford, v. 108, p. 1463–1475, 2011.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 81, p. 41-48, 1997.

TORBICA, A.; FILIPČEV, B.; ŽIVANČEV, D.; MASTILOVIĆ, J. Functional characteristics of flours from some wheat varieties in production of tea cookies. In: 4^o CROATION

CONGRESS OF CEREAL TECHNOLOGISTS, 2004, Osijek. **Anais...** Osijek: Proceedings of international congress “flour — bread, 2004. p. 306–313.

TRINIDAD P.; TRINIDAD, A.; MALLILLIN, A.; DIVINAGRACIA, H.; VALDEZ, A.; ANACLETA, S.; LOYOLA, A.; FARIDAH, C.; ASKALI-MERCADO, A.; JOAN C.; CASTILLO, A.; ROSARIO, R.; ENCABO, A.; DINA, B.; MASA, B.; ANGELICA, S.; MAGLAYA, C.; MODESTO, T.; Dietary fiber from coconut flour: A functional food. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 7, p. 309–317, 2006.

U.S. USDA COMMODITY REQUIREMENTS. **Wheat flour products for use in domestic programs, 2011**. Disponível em: www.fsa.usda.gov. Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

VASCONCELOS, C. M.; SILVA, C. O.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CHAVES, J. B. P.; MARTINO, H. S. D. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, p.188-93, 2010.

VIEIRA, M. A.; PODESTÁ, R.; TRAMONTE, K. C.; AMBONI, R. D. M. C.; SIMAS; K. N. AVANCINI, S. R. P. AMANTE, E. R. Chemical composition of flours made of residues from the king palm (*Archontophoenix alexandrae*) industry. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v. 52 n.4, 2009.

VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M. S., MOURA, C. M. A.; CALIARI, M.; SOUZA, T. A. C.; SILVA, F. A. Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 70, n. 4, p. 514-21, 2011.

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tóquio, v. 36, p. 719-727, 1972.

YUYAMA, L. K. O.; FÁVARO, R. M. D.; YUYAMA, K.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of vitamin A from peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) and mango (*Mangifera indica* L.) in rats. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 11, n. 9, p. 1167-1175, 1991.

ZAMBRANO, M. L.; MELÉNDEZ, R.; GALLARDO, Y. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. In__ LAJOLO, F. M.; SAURA CALIXTO, F.; WITTING, E.; MENEZES, W. **Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**, São Paulo, Varela, 2001. 468 p.

ZHENG, H.; YANG, X.; TANG, C. LI, L.; AHMAD, I. Preparation of soluble soybean protein aggregates (SSPA) from insoluble soybean protein concentrates (SPC) and its functional properties. **Food Research International**, Barking, v. 41, p. 154-164, 2008.

CAPÍTULO 3 (Artigo científico 2)

PROPRIEDADES QUÍMICAS DA FARINHA DO CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth).

PROPRIEDADES QUÍMICAS DA FARINHA DO CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth).

OLIVEIRA, L. F. Propriedades químicas da farinha do co-produto do processamento de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). In: Resíduo do processamento de palmito de pupunha: Estudo físico, químico, tecnológico e toxicológico. Capítulo 3, p.80 - 104. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás – GO, 2015.

RESUMO

O aproveitamento de resíduos vem sendo explorado, com mais intensidade, nos últimos anos, devido à grande quantidade de resíduos desprezados. A indústria de palmito, por exemplo, produz alta quantidade destes como bainhas externas, medianas, coração do palmito, ponta do palmito e folhas, que são rejeitados e dispostos no meio ambiente, sem nenhuma finalidade específica. Esses resíduos podem servir como fontes de proteínas, aminoácidos, minerais, vitaminas, lipídios, fibras e amido resistente, passíveis de extração e aproveitamento. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP), a fim de conhecer as vantagens nutricionais que este produto pode representar à alimentação humana, principalmente, em relação ao teor de amido resistente, aminoácidos, açúcares e minerais, para posterior aplicação em produtos alimentícios industrializados, e comparar a capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos nas bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha, *in natura* (PN) e na FP. A FP apresentou alta quantidade de amido resistente (20%) e baixa quantidade de amido disponível (2,08%), bem como a presença de açúcares redutores como frutose (6,70 g.100g⁻¹) e glicose (7,50 g.100g⁻¹). Os aminoácidos mais expressivos foram, ácido glutâmico (392,63 mg(100g)⁻¹), arginina (363,76 mg(100g)⁻¹), ácido aspártico (348,93 mg(100g)⁻¹), lisina (282,87 mg(100g)⁻¹) e leucina (238,15 mg(100g)⁻¹). A FP e a PN não apresentaram capacidade antioxidante e teores de compostos fenólicos expressivos. Desse modo, a farinha pode contribuir, nutricionalmente, na adição de alimentos industrializados, como pães, biscoitos, produtos cárneos e bebidas lácteas, devido à presença de amido resistente satisfatória, e a presença de minerais, açúcares solúveis e aminoácidos essenciais na sua composição.

Palavras-chave: Reação de Maillard, amido resistente, aminoácidos livres, açúcares solúveis, bainhas foliares, microscopia eletrônica de varredura.

ABSTRACT

The use of waste has been explored with more intensity in the last years, due to the large amount of discarded waste. The palm industry, for example, produces high amounts of external e median sheaths, heart palm, palm tip and leaves, that are rejected and disposed in the environment, without any specific purpose. These residues can serve as sources of protein, amino acids, minerals, vitamins, lipids, fiber and resistant starch, capable of extraction and use. Therefore, this study aimed to evaluate the chemical composition of the waste flour of external, median and internal sheaths, from peach palm (PF), in order to know the nutritional advantages that this product may represent for human consumption, mainly, in relation to the content of resistant starch, amino acids, sugars and minerals, for later use in processed food products, and compare the antioxidant capacity and phenolic content in the residual external sheaths, median and internal peach palm, fresh (WP) and PF. The WP showed high amount of resistant starch (20%) and low amount of available starch (2, 08%) as well as the presence of reducing sugars such as fructose (6.70 g.100g⁻¹) and glucose (7.50 g.100g⁻¹). The most significant amino acids are glutamic acid (392.63 mg(100g)⁻¹), arginine (363.76 mg(100g)⁻¹), aspartic acid (348.93 mg(100g)⁻¹), lysine (282.87 mg(100g)⁻¹) and leucine (238.15 mg(100g)⁻¹). The PF and WP showed no antioxidant capacity and no significant levels of phenolic compounds. Thus, the flour can contribute nutritionally, in the addition of manufactured foods such as breads, cookies, meat products and dairy beverages, due to the satisfactory presence of resistant starch, and the presence of minerals, sugars and amino acids soluble in the composition.

Key-words: Maillard reaction, resistant starch, free amino acids, soluble sugars, leaf sheaths, scanning electron microscopy.

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos agroindustriais e o desenvolvimento de novos produtos, vem sendo explorado com mais intensidade nos últimos anos, por diferentes segmentos do setor agropecuário brasileiro e mundial, devido à grande variedade de matéria-prima disponível (MARQUES et al., 2013; SIMÃO et al., 2013). Poucas alternativas são encontradas para a utilização da maior parte dos resíduos vegetais, sendo estes, geralmente descartados, utilizados na adubação orgânica ou na nutrição animal (PELIZER et al., 2007)

A indústria de palmito, por exemplo, produz alta quantidade de resíduos, nos quais não possuem finalidade prática para a indústria. Estudos sobre aproveitamento de resíduos e subprodutos agroindustriais surgem como alternativa à redução do desperdício de alimentos nas etapas produtivas e no desenvolvimento de novos produtos alimentícios (DAMIANI et al., 2011; FERMINO et al. 2010). Entre estes, destaca-se a pupunheira (*Bactris gasiapaes* Kunth), utilizada para a produção do palmito, principalmente como alternativa à redução do extrativismo de outras espécies de exploração predatória, como a *Euterpe edulis* Mart (ANEFALOS; MODOLO; TUCCI, 2007). Durante o processamento do palmito, grande quantidade de resíduos, como as bainhas externas, medianas, coração do palmito, ponta do palmito e folhas, são rejeitados e dispostos no meio ambiente, sem nenhuma finalidade específica.

A busca do aproveitamento integral dos alimentos incentiva o desenvolvimento de pesquisas científicas que contribuam com a redução dos resíduos agroindustriais, visto que, estes resíduos, servem como fontes de proteínas, aminoácidos, minerais, vitaminas, lipídios, fibras e amido resistente, passíveis de extração e aproveitamento (COELHO et al., 2001). Além disso, o mercado, cada vez mais crescente, provocou o estudo sobre fontes naturais de antioxidantes e seu potencial como alimentos nutracêuticos e funcionais (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2003; LACHANCE; NAKAT; JEONG, 2001).

As plantas e os seus produtos têm sido, tradicionalmente, utilizadas por suas propriedades nutracêuticas em potencial e, entre a grande variedade de produtos vegetais, os legumes e as sementes constituem a maior porção as quais são capazes de contribuir, substancialmente, como fonte de compostos nutricionais (BHAT, 2011). Durante o processamento, resíduos agrícolas e industriais são descartados, ou apenas, utilizados como subprodutos de baixo valor, no entanto, grandes quantidades de antioxidantes, que poderiam

ser extraídos a partir dessas fontes residuais, não são aproveitados (MOURE; CRUZ; FRANCO, 2001).

O desenvolvimento de produtos alimentícios que ofereçam benefícios à saúde, além de seus valores nutricionais tradicionais, tem sido o foco em interesses acadêmicos, industriais e público (KENDALL; ESFAHANI; JENKINS, 2010) principalmente devido à grande presença de fibra alimentar nestes resíduos agroindustriais. Surge, então, a necessidade de estudos sobre a redução de lixo orgânico e o aproveitamento integral de frutas e hortaliças (cascas e sementes) na aplicação em geleias, sucos, biscoitos, produtos cárneos.

A produção de farinha, portanto, é uma alternativa para aproveitamento de resíduos, visando sua aplicação em produtos alimentícios, de forma a agregar valor econômico, devido ao baixo custo da produção, e valor nutricional, devido às várias substâncias nutricionais que compõem esta matéria-prima. Além disso, a produção de farinha é realizada pelo processo de secagem, que é um método barato e simples (HSU et al. 2003).

Tendo em vista a grande quantidade de resíduos produzidos no debaste da palmeira de pupunha, durante o seu processamento, e as propriedades nutricionais que a farinha deste co-produto pode representar, se adicionado ao alimento, este estudo teve por objetivo avaliar a composição nutricional da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP), a fim de conhecer as vantagens nutricionais que este produto pode representar à alimentação humana, principalmente, em relação ao teor de amido resistente, aminoácidos, açúcares, minerais, compostos fenólicos e sua capacidade antioxidante, para posterior aplicação em produtos alimentícios industrializados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção matéria-prima

A matéria-prima, bainhas residuais resultantes do processamento do Palmito de Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), foram obtidas na Agroindústria Casa Verde LTDA, Rodovia GO 330, km 107, zona rural, Vianópolis-Goiás/Brasil e transportadas para o laboratório de vegetais, do departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás (UFG), sendo as análises realizadas em parceria com a Escola de Agronomia, Faculdade de Nutrição e Faculdade de Farmácia, ambas da UFG.

2.2 Preparo da farinha

A metodologia foi realizada, de acordo com o proposto por Simas et al. (2010) com modificações. As bainhas residuais, externa, mediana e interna, retiradas do processamento do palmito em conserva, foram imediatamente lavadas em água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1} , durante 20 min.), ainda na indústria. E em seguida, foram colocadas em sacos plásticos transparentes e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para que fosse feito o transporte até os laboratórios da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO. Para a produção da farinha, as bainhas foram novamente higienizadas em água corrente e a camada esponjosa protetora, que as envolvem, foram retiradas com auxílio de facas por meio de raspagem.

As bainhas limpas foram cortadas em tiras, para facilitar a secagem e a moagem das mesmas, colocadas novamente em solução de hipoclorito de sódio (200 g L^{-1} , durante 20 min), enxaguadas com hipoclorito de sódio em menor concentração (100 mg L^{-1}). Neste momento, uma porção do resíduo *in natura*, denominado neste trabalho como, bainhas residuais, interna, mediana e externa, do processamento do palmito de pupunha *in natura* (EP), foi congelado a $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$, para a realização das análises de compostos fenólicos e antioxidantes.

O restante da amostra, foi levada à estufa de circulação de ar (Tecnal TE-394, Piracicaba, BRASIL) à 80°C , para secagem durante 12 horas, ou até que atingissem o limite

máximo de umidade permitido pela legislação americana e brasileira, para a farinha de trigo, que é de 15% (BRASIL, 2005; U.S, 2011).

Em seguida, as bainhas secas foram moídas em moinho de facas (MARCONI, MA630), até a formação da farinha à 60 mesh, sendo esta armazenada em sacos plásticos herméticos (PEBD/Nylon/PEBD) e colocada em freezer à $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ até a realização das análises nutricionais.

2.3 Amido disponível e amido resistente

O teor de amido disponível e amido resistente foi realizado, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC 996.11 (2010) e os cálculos foram realizados baseados na AOAC 2002.01 (2010), conforme equações 1 e 2, todas as análises foram realizadas em duas repetições com triplicatas. A equação 1 é utilizada para o cálculo de amido disponível e a equação 2 para o cálculo de amido resistente. Após a hidrólise do amido, a concentração final de glicose ($\text{mg}\cdot\text{DI}^{-1}$) foi determinada, colorimetricamente, em espectrofotômetro à $\lambda = 510 \text{ nm}$ (Rayleigh, UV-1800), com o reagente glicose oxidase-peroxidase (Kit Glucos - Doles). O amido resistente foi calculado, multiplicando-se o resultado final de glicose por 0,9 (para converter glicose livre em amido) e apresentado como porcentagem na massa seca.

$$GL(\%) = A * \frac{F}{W} * 90 \quad \text{Equação 1}$$

No qual, A = absorvância do teste, F = 100/absorvância do padrão, W = peso da amostra e 90 = fator de conversão de glicose para amido

$$AR(\%) = A * F * Fd * \frac{1}{1000} * 0,90 \quad \text{Equação 2}$$

No qual, A = absorvância do teste, F = 100/absorvância do padrão, Fd = fator de diluição e 0,9 = fator de conversão de glicose para amido.

2.4 Açúcares solúveis

A análise de açúcares solúveis (frutose, glicose e sacarose) foi realizada por cromatografia líquida com detector de índice de refração (Cromatógrafo Líquido VARIAN, ProStar 350/352 Refractive Index Detector), bomba isocrática e forno de coluna equipado com coluna de NH₂ (250 x 4,6 mm, 5 mm, Luna Phenomenex), baseado no método descrito por Burgner e Feinberg (1992), realizado em duplicata.

2.5 Perfil de minerais

Para quantificar os minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn, Fe), as amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica em blocos digestores com controle de temperatura. O fósforo (P), boro (B) e o enxofre (S), foram determinados por colorimetria (UV/Visível - Biospectro - SP22 – Brasil), o potássio (K) por fotometria de chama (Micronal - B - 262 – Brasil), e o cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e o ferro (Fe) por espectrofotometria de absorção atômica (Varian - Spectra AA110 – Austrália). O teor de nitrogênio (N) foi determinado por destilador de nitrogênio microkjeldahl (SL-74 SOLAB). Os protocolos seguiram o preconizado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e analisadas em duplicata.

2.6 Perfil de aminoácidos

Todas as amostras foram hidrolisadas, em duplicata, com 6N HCl à 110 °C por 24 horas e a derivatização foi realizada com fenilisotilcianato (PITC). A quantificação foi determinada por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (Shimadzu Corporation, Tokyo, Japão), equipado com detector de UV (254 nm), coluna C18 (250 mm 4,6 mm, 5 m; Phenomenex Inc., Torrence, CA, USA), utilizando-se como padrão interno, o ácido α -aminobutírico. O protocolo de quantificação, seguiu-se o método descrito por Hagen, Frost e Augusti (1989) e White, Hart, e Fry (1986).

2.7 Compostos fenólicos

O teor de compostos fenólicos foi determinado, de acordo com a metodologia descrita por Zielinski e Kozłowska (2000), por colorimetria em espectrofotômetro à $\lambda = 700$ nm, (Rayleigh, UV-1800), utilizando-se o reagente de Folin Ciocalteou 1 N, realizado em triplicata.

2.8 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi avaliada pelo método do DPPH, em 3 extratos diferentes: éter etílico, etanol e água. As amostras foram lidas em triplicatas, em espectrofotômetro à 517 nm (Rayleigh, UV-1800). A queda na leitura da absorbância das amostras foi correlacionada com o controle, estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH (BRAND-WYLLIANS; CUVELIER; BERSET, 1995 modificada por BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S., 2009).

2.9 Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado e os resultados foram expressos por meio de médias, desvio padrão e coeficiente de variação. Para a análise de compostos fenólicos e antioxidantes foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA), cujas as médias, quando significativas foram comparadas pelo teste t e teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para amido disponível e amido resistente, estão apresentados na tabela 1, e indicam que a farinha das bainhas residuais, externa, mediana e interna de pupunha (FP), possui quantidade de amido resistente (20%) próximo aos encontrados nas farinhas de banana verde para as variedades maçã, prata anã e prata zulu, estudadas por Ramos, Leonel e Leonel (2009), cujos valores variaram entre 20,07 à 20,74% na temperatura de secagem de 40°C. Mas, se comparada à farinha de banana verde (58,5% na temperatura de secagem de 55°C), estudada por Tribess et al. (2009), a FP apresenta baixo teor.

Entretanto, a FP possui teor de amido resistente expressivo, se comparado às farinhas de feijão da variedade Chickpea, Cowpea e Horse gram (1,9 à 2,5 %), estudadas por Sreerama et al. (2012).

Tabela 1: Teor de Amido disponível e Amido resistente e açúcares solúveis (frutose, glicose e sacarose) da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Amido disponível (%) ¹ | Amido resistente (%) ¹ |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 2,08 ± 0,11 (0,01) | 20,00 ± 1,19 (0,03) |
| Açúcares Solúveis | g(100g) ⁻¹ |
| Frutose | 6,70 ± 0,06 (0,01) |
| Glicose | 7,50 ± 0,15 (0,02) |
| Sacarose | 1,97 ± 0,01(0,01) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (coeficiente de variação)

O teor de amido resistente, na FP pode ter sofrido influência da temperatura empregada na secagem (80°C) pois, segundo Ramirez-Jimenez et al. (2014) e Tribess et al. (2009), o tratamento térmico e as condições de secagem afetam a digestibilidade e biodisponibilidade do amido em alimentos, dessa forma, o amido disponível e a digestibilidade do mesmo, podem aumentar pelo cozimento e reduzir a concentração quando desidratado, sugerindo a formação de frações de amido resistente retrogradados. Já o amido resistente, pode ter os valores aumentados, particularmente, para amostras desidratadas. Assim, o teor de amido resistente na FP, pode ter sofrido uma influência direta, devido ao

baixo teor de umidade e à alta temperatura de secagem empregada, favorecendo o aumento de amido resistente na farinha.

Segundo Osorio-Dias et al. (2003), o amido de alimentos cozidos são propícios a retrogradar e formar frações indigestíveis ou resistentes. Logo, o aumento do amido resistente na FP, pode ser atribuído à extensiva recristalização das frações de amido, observadas após tratamentos de aquecimento e resfriamento. Liu (2005) mencionou que a maior fonte de amido resistente comercial é aquela com altos teores de amilose no amido, sendo que este composto, também, pode ser aumentado por processos de aquecimento. Cristais de amilose retrogradados são fortes e resistem à digestão e este amido, não granular cristalino, formado após o cozimento ou aquecimento de alimentos amiláceos, é denominado como amido resistente (YAO; PAEZ; WHITE, 2009). Dessa forma, pode ter ocorrido a retrogradação da molécula de amilose na FP, levando à formação de amido resistente.

Além disso, outros autores consideram, também, a influência da transglicosilação, a qual produz modificação na estrutura do amido, de modo que uma molécula contendo um açúcar é clivada, e o resíduo é transferido de seu grupamento aglicona para uma molécula que contém grupamento álcool, não permitindo posterior hidrólise por enzimas (TOVAR; MELITO, 1996). Portanto, duas hipóteses são levantadas à respeito da influência que o amido resistente pode sofrer, durante a produção da FP, podendo o teor ser afetado tanto por reações externas de aquecimento, quanto por reações internas, como a modificação estrutural.

A FP apresentou alto valor de amido resistente (20,00 %), sendo que esta fração não é hidrolisada por enzimas e segundo Haralampu (2000) e Pereira (2007), essa fração do amido que não é digerida no intestino delgado, mas posteriormente é fermentada no intestino grosso, pode ser comparado à fibra alimentar. Dessa forma, a metabolização do amido resistente no intestino grosso, principalmente pelas bifidobactérias, via fermentação, resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta, como acetato, propionato e butirato; gases carbônico, hidrogênio, metano; e a consequente diminuição do pH do cólon (CHAMP; FAISANT, 1996; ENGLYST et al., 1987; YUE; WARING, 1998), além disso, a maioria destes compostos age na prevenção de doenças inflamatórias do intestino, além de auxiliar na manutenção da integridade do epitélio intestinal e contribuir para o aumento do volume fecal. Adicionalmente, o amido resistente age como prebiótico, pois modifica a microflora do cólon, aumentando da excreção fecal de nitrogênio e, possivelmente, redução do risco de câncer de cólon (JENKINS et al., 1998; PEREIRA, 2007; SAJILATA, SINGHAL, KULKARNI, 2006; YUE, WARING, 1998,).

Portanto, a FP pode apresentar benefícios ao organismo, devido ao alto teor de amido e a similaridade funcional da fibra alimentar, no entanto, testes mais específicos devem ser realizados para comprovar seus efeitos fisiológicos benéficos. Ademais, pode-se dizer que, a secagem da FP e a temperatura empregada, contribuíram para a formação de amido resistente, pois segundo Muir e O’dea (1992), ao contrário da fibra alimentar, o teor de amido resistente pode ser manipulado de forma relativamente simples, de acordo com as técnicas de processamento empregadas.

Em relação ao teor de açúcares solúveis (tabela 1), a FP apresentou alto teor, se comparado à farinha de banana verde, estudada por Menezes et al. (2011), no qual foram encontrados valores de 0,37 à 0,96 g(100g)⁻¹. O teor de açúcares redutores, frutose e glicose, podem ter a quantidade reduzida, devido à temperatura que foi empregada para produção da farinha, pois o aumento da temperatura e a presença de aminoácidos livres e açúcares redutores, ocasionam a reação de Maillard e, conseqüentemente, a formação de novos compostos, como as melanoidinas. Fato ocorrido, em estudo de Gamel et al (2006), no qual observou-se a redução do teor de açúcares, mediante tratamento térmico em sementes de amaranto, devido a degradação pelo calor.

A composição mineral da FP está apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Composição mineral da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Componentes | FP ¹ |
|---|--------------------|
| N (g(100g) ⁻¹) | 0,99 ± 0,01 (0,0) |
| Fósforo (P) (g(100g) ⁻¹) | 0,13 ± 0,0 (0,0) |
| Potássio (K) (g(100g) ⁻¹) | 1,03 ± 0,01(0,0) |
| Cálcio (Ca) (g(100g) ⁻¹) | 0,26± 0,01(0,05) |
| Magnésio (Mg) (g(100g) ⁻¹) | 0,17 ± 0,01(0,04) |
| Enxofre (S) (g(100g) ⁻¹) | 0,08 ± 0,01(0,17) |
| Boro (B) (mg(100g) ⁻¹) | 1,80 ± 0,81 (0,04) |
| Cobre (Cu) (mg(100g) ⁻¹) | 0,60 ± 0,40 (0,07) |
| Manganês (Mn) (mg(100g) ⁻¹) | 0,00 ± 0,00 (0,00) |
| Zinco (Zn) (mg(100g) ⁻¹) | 1,70 ± 1,36 (0,08) |
| Ferro (Fe) (mg(100g) ⁻¹) | 7,30 ± 0,69 (0,0) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de variação).

A FP apresentou $0,99 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ de Nitrogênio, o que pode correlacionar-se, positivamente, com o teor protéico (SEXTON; CARROL, 2002; SHOCK et al., 2000; WINZER et al., 1996). A FP apresentou $0,13 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ de P e valores muito baixos de selênio ($0,08 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$). Em relação ao teor de Ca ($0,26 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) e Mg ($0,17 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$), a FP possui valores inferiores aos encontrados por Simas et al. (2010), para farinha dos resíduos de palmeira real, na qual foi encontrado $0,80 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ de Ca e $0,50 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$ de Mg, sendo que, os minerais Ca, P e Mg, são requeridos para mineralização dos ossos (ADELAKUN, 2012). Já para o teor de K ($1,03 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$) o valor encontrado para FP foi muito próximo ao encontrado por Simas et al (2010), para farinha do resíduo de palmeira real ($1,04 \text{ g}(100\text{g})^{-1}$).

A FP, apresentou $1,70 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ de Zn e $0,60 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ de Cu, sendo estes teores superiores aos estudados por Simas et al. (2010), para farinha do resíduo de palmeira real, cujo valor encontrado foi de $1,32 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ para Zn e $0,07 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ para o Cu. Microminerais como cobre e zinco são conhecidos por serem essenciais ao organismo, mas podem penetrar nos alimentos, a partir do solo, por meio de mineralização, pelas culturas, processamento de alimentos ou contaminação ambiental e na aplicação de insumos agrícolas, como pesticidas à base de cobre, que são de uso comum em fazendas e em alguns países (ONIANWA, et al., 2001). No entanto, o Cu é requerido para a síntese da hemoglobina e na catálise da oxidação metabólica (UNDERWOOD, 1977). Em contrapartida, o Zn é utilizado para a síntese de proteínas e metabolismo energético e sua deficiência resulta em dieta pobre, alcoolismo, mal absorção de nutrientes, nanismo e dermatites (FAIRWEATHER-TAIT, 1988; PRASAD, 1984).

Em relação ao teor de boro, a FP apresentou, apenas, $1,80 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ e para o teor de manganês, não foi encontrado nenhum valor na FP, o que difere da farinha de resíduos de palmeira real estudada por Simas et. Al (2010), no qual foi encontrado $4,13 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$.

Entretanto, para o teor de ferro ($7,30 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$), a FP apresentou valor semelhante ao encontrado por Simas et al. (2010), para farinha de palmeira real ($7,31 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$). O ferro é um elemento traço essencial, cuja importância biológica surge a partir do seu envolvimento em funções metabólicas vitais, por ser um componente intrínseco à hemoglobina, mioglobina e citocromos. Apesar de vários programas de intervenção, a anemia por deficiência de ferro continua a ser o problema nutricional mais prevalente no mundo (HEMALATH, PLATEL; SRINIVASAN, 2007). Sua deficiência também pode levar ao retardamento do desenvolvimento físico e mental (HURRELL, 2004).

A FP apresentou baixas quantidades de minerais, o que pode ter sido afetado pela região, clima, solo, condições de plantações, entre outras características inerentes à sua produção e

plântio. Entretanto, a presença desses minerais na FP, pode influenciar a função vital e a saúde do organismo, pois este requer quantidade de ingestão de minerais diária, a qual é essencial à nutrição humana (ANNE, 1979; DUSHENKOV, et al, 1995).

Na tabela 3, estão apresentados os resultados de perfil de aminoácidos presentes na FP. Os aminoácidos essenciais que tiveram melhor representatividade foram a arginina (363,76 mg(100g)⁻¹), considerada semi-essencial, seguido da lisina (282,87 mg(100g)⁻¹) e leucina (238,15 mg(100g)⁻¹), com menor teor para a metionina (17,81 mg(100g)⁻¹). A FP apresentou valores muito baixos de aminoácidos essenciais, quando comparado à referência de aminoácidos da FAO/WHO/UNU (2004), que é o ovo e à outros estudos, como a farinha de feijão maramba desengordurada (410,00 mg(100g)⁻¹ à 3.930,00 mg(100g)⁻¹), estudada por Maruatona, Duodu e Minnaar (2010).

Tabela 3: Perfil de aminoácidos na farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt).

| Aminoácidos | FP ¹ (mg(100g) ⁻¹) | Ref. ² (mg(100g) ⁻¹) |
|-----------------|---|---|
| Ácido Aspártico | 348,93 ± 1,92 (0,01) | - |
| Ácido Glutâmico | 392,63 ± 2,00 (0,01) | - |
| Serina | 128,21 ± 0,20 (0,0) | - |
| Glicina | 182,98 ± 0,70 (0,0) | - |
| Histidina* | 61,19 ± 0,28 (0,0) | 2.400,00 |
| Arginina* | 363,76 ± 1,36 (0,0) | 6.100,00 |
| Treonina* | 187,44 ± 0,41(0,01) | 5.100,00 |
| Alanina | 227,68 ± 0,33(0,0) | - |
| Prolina | 186,08 ± 1,25(0,01) | - |
| Tirosina | 104,90 ± 0,15(0,0) | - |
| Valina* | 227,26 ± 1,28(0,01) | 7.600,00 |
| Metionina* | 17,36 ± 0,20(0,01) | 3.200,00 |
| Cistina* | 4,22 ± 0,06(0,01) | 1.800,0 |
| Isoleucina* | 217,81 ± 2,67(0,01) | 5.600,00 |
| Leucina* | 238,15 ± 2,14(0,01) | 8.300,00 |
| Fenilalanina* | 149,32 ± 0,27(0,0) | 5.100,00 |
| Lisina* | 282,87 ± 0,07(0,0) | 6.300,00 |

¹Ref. = Referência Padrão do ovo (FAO/WHO/UNU 2004) essenciais. ²Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de variação). *Aminoácidos essenciais.

Na FP pode ter ocorrido a redução do teor de aminoácidos, durante a secagem (80°C), pois na presença de açúcares redutores (glicose e frutose presentes na farinha) e aminoácidos livres, ocorre a reação de Maillard. O tipo de açúcar redutor presente na farinha pode interferir na velocidade de reação com os grupamentos amina, sendo a xilose, o açúcar redutor mais reativo, seguida da arabinose, glicose, maltose e frutose. Além dos açúcares, os tipos de aminoácidos também interferem na velocidade de reação, a lisina é cerca de 2 a 3 vezes mais reativa quando comparada aos outros aminoácidos, na sequência, arginina, fenilalanina, leucina, isoleucina e valina, são os mais reativos, seguidos do ácido glutâmico e ácido aspártico. A cisteína, por ser um aminoácido sulfurado, é menos reativa (MORALES et al., 1997).

Dessa maneira, a reação de Maillard tem importantes consequências nutricionais e funcionais, pois esta reação pode provocar a perda de aminoácidos essenciais, como a lisina, diminuindo a qualidade da proteína (CAMIRE; CAMIRE; KHRUMAR, et. al., 1990; MORALES, VAN BOEKEL, 1997; MARTINS, JONGEN, BOEKEL, 2000), pois alguns aminoácidos não podem ser sintetizados endogenamente e, definidos como essenciais, devem ser ingeridos por meio da dieta (ROGERO; TIRAPEGUE, 2008). Os aminoácidos têm múltiplas funções no corpo: como fontes de energia e como precursores de proteínas e várias moléculas importantes (VASCONCELOS; BENNET; ROSA, 2010), e a FP, portanto, é beneficiada pela presença de aminoácidos essenciais em sua composição, podendo, somada às demais características nutricionais, ser adicionada à produtos alimentícios, de modo à trazer contribuições funcionais à estes alimentos.

O teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante para a FP e o resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN), estão dispostos na tabela 4.

Em relação ao teor de compostos fenólicos no extrato etéreo, comparando-se a FP e a PN, a FP apresentou 192,27 mg(100g)⁻¹ de EAG e a PN 190,9962 mg(100g)⁻¹ de EAG, sendo estas, diferentes estatisticamente a nível de 5% de significância. Para o extrato etanólico, a FP (192,38 mg(100g)⁻¹ de EAG) apresentou o melhor resultado em comparação à PN (191,15 mg(100g)⁻¹ de EAG), havendo diferença estatística a nível de 5% entre as amostras. O mesmo ocorreu no extrato aquoso, no qual a FP apresentou maior teor de compostos fenólicos (384,89 mg(100g)⁻¹ de EAG) em relação à PN (383, 41 mg(100g)⁻¹ de EAG).

Apesar da elevada temperatura utilizada na secagem da farinha (80°C) poder provocar a polimerização e/ou decomposição na estrutura anéis de aromáticos de polifenóis (GRANITO et al., 2005), pois, os compostos fenólicos, são facilmente oxidáveis, tanto por

meio de enzimas vegetais específicas, quanto por influência de metais, luz, calor ou meio alcalino, ocasionando o escurecimento de soluções e compostos isolados (SIMÕES, 2000). Logo, a FP apresentou valores de compostos fenólicos, superiores aos encontrados no PN, e a perda destes compostos pela temperatura empregada (80°C), pode ter ocorrido de fato, no entanto, houve grande perda de água e concentração de substâncias durante o processo de secagem, aumentando o teor desses compostos na matéria seca.

Em relação aos 3 extratos avaliados na FP (etéreo, etanólico e aquoso), o extrato aquoso apresentou o melhor resultado de compostos fenólicos (384,89 mg(100g)⁻¹ de EAG) em comparação com o extrato etéreo e etanólico. O mesmo foi observado para o PN, no qual o teor de compostos fenólicos, encontrado no extrato aquoso (384,41 mg(100g)⁻¹ de EAG), foi superior aos demais extratos. Isso ocorre devido à solubilidade intrínseca de cada composto, pois, alguns compostos são solúveis, apenas, em solventes orgânicos; outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água e existem, ainda, os grandes polímeros, que são totalmente insolúveis (ROBARDS et al., 1999; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 4: Compostos fenólicos e capacidade antioxidante da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) (*Bactris gasipaes* Kunt) e do resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN).

| Extratos | Compostos fenólicos (mg(100g) ⁻¹ EAG) | |
|-----------|--|--------------------------|
| | FP ¹ | PN ¹ |
| Etéreo | 192,27 a B ± 0,03 (0,0) | 190,99 a A ± 0,05(0,0) |
| Etanólico | 192,38 b B ± 0,01 (0,0) | 191,15 a A ± 0,04 (0,0) |
| Aquoso | 384,89 c B ± 0,06 (0,0) | 383, 41 b A ± 0,04 (0,0) |
| Extratos | Capacidade antioxidante % descoloração | |
| | FP ¹ | PN ¹ |
| Etéreo | 0,54 a A ± 0,15 (0,28) | 0,54 a A ± 0,10 (0,18) |
| Etanólico | 0,54 a A ± 0,10 (0,18) | 0,72 a B ± 0,25 (0,34) |
| Aquoso | 0,72 a A ± 0,15 (0,21) | 1,45 b B ± 0,30 (0,20) |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão. Letras iguais minúsculas na mesma coluna não representam diferença significativa a nível de 5%. Letras iguais maiúsculas na mesma linha não representam diferença significativa a 5%.

A análise de compostos fenólicos é influenciada diretamente pela natureza do composto, método de extração empregado, tamanho da amostra, tempo e as condições de estocagem, padrão utilizado e a presença de interferentes, tais como ceras, gorduras, terpenos e clorofilas. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, variedade e das condições climáticas e edáficas do cultivo (ÂNGELO; JORGE, 2007; LEONG; SHUI, 2002). Portanto, a FP e a PN, possuem maior teor de substâncias polares, devido à melhor extração destes, no extrato aquoso, além das características intrínsecas das substâncias presentes na composição de ambos.

Em relação à capacidade antioxidante, a FP apresentou baixa capacidade, isso ocorreu devido à temperatura de secagem da farinha, que pode ter degradado os compostos bioativos, responsáveis pela capacidade antioxidante, como vitaminas termolábeis e alguns compostos fenólicos, que são susceptíveis à altas temperaturas. Sabe-se que, o processo térmico é o maior responsável pelas alterações nas propriedades nutricionais de alimentos, como destruição de algumas vitaminas ou substâncias termolábeis e a redução do valor biológico de proteínas, por meio da destruição de aminoácidos ou reações de escurecimento não-enzimático (FELLOWS, 2006).

Muitos estudos tem verificado uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos, sendo estes, considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com essa atividade (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007; HEIM et al., 2002). Em hipótese, a alta temperatura de secagem, poderia ter afetado à capacidade antioxidante da FP, no entanto, tanto a FP, quanto a PN, não apresentaram capacidade antioxidante significativas, dessa forma, não houve grandes perdas em função da temperatura empregada, tendo em vista que o resíduo *in natura* também não possui capacidade antioxidante significativa.

Devido à baixa capacidade antioxidante da PN, a presença de compostos com atividade antioxidante na FP, pode ser devido aos produtos oriundos da reação de Maillard, como as amino-redutoras, que possuem esse efeito (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010). A reação de Maillard ocorre durante o processamento térmico e/ou armazenamento prolongado de alimentos que contêm proteínas e açúcares redutores (FRIEDMAN, 1996; NUNES, BATISTA, 2001). Por outro lado, o consumo de produtos de reação de Maillard pode, também, interferir em processos nutricionais importantes, como a redução da biodisponibilidade de minerais e o valor biológico de proteínas, pelo comprometimento na reação de resíduos de aminoácidos essenciais, com consequentes alterações da estrutura proteica ou, ainda, inibição de enzimas digestivas (NUNES, BATISTA, 2001; MORALES,

VAN BOEKEL, 1997). Dessa forma, a temperatura empregada na produção de farinha (80°C), pode interferir na biodisponibilidade de nutrientes da FP.

Em relação aos 3 extratos avaliados na FP, (extrato etéreo, etanólicos e aquoso) o extrato aquoso foi o que apresentou melhor valor de atividade antioxidante, quando comparado aos demais, o mesmo ocorreu para o PN. Essa diferença mostra que, para a extração seletiva de antioxidantes naturais, é importante e necessário um estudo sobre o solvente mais apropriado, pois para a boa avaliação de atividade antioxidante de um vegetal é necessário a máxima extração de compostos bioativos que este possa conter, apresentando polaridade diferenciada. Não há um procedimento de extração universal, devido à solubilidade e a característica peculiar de cada solvente e fitoquímico (BORGUINI; TORRES, 2009; MELO et al., 2008).

Portanto, o uso de vários solventes (etéreo, etanólico e aquoso) neste estudo, certifica a máxima solubilização dos antioxidantes presentes na amostra, devido às diferentes polaridades, que possibilitam a solubilização de compostos mais polares no extrato aquoso, de polaridade média no extrato etanólico e apolares no extrato etéreo (BORGUINI; TORRES, 2009). Além disso, segundo Kuskoski et al. (2005), a capacidade antioxidante de uma amostra depende, também, do ambiente em que encontra-se o composto e da interação entre eles, uma vez que os compostos interagem entre si, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (BLOKHINA, VIROLAINEN, FAGERSTEDT, 2003; SCALBERT, JOHNSON, SALTMARSH, 2005).

4 CONCLUSÃO

A farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP), apresentou alto teor de amido resistente e baixo teor de açúcares e aminoácidos. O resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN), apresentou baixo teor de compostos fenólicos e baixa capacidade antioxidante. Dessa forma, a FP é pobre em nutrientes, no entanto, pode ser adicionada à alimentos industrializados, contribuindo com o enriquecimento nutricional em relação ao teor amido resistente.

REFERÊNCIAS

- ADELAKUN, O. E.; ADE-OMOWAYE, B. I. O.; ADEYEMI, I. A.; VAN DE VENTER, M. Functional Properties and Mineral Contents of a Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) Flour as Influenced by Pretreatments. **Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 39-45, 2010.
- ANEFALOS, L. C.; MODOLO, V. A.; TUCCI, M. L. S. Expansão do cultivo da pupunheira no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, 2002-2006. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 10, p. 37-43, 2007.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p.1-9, 2007.
- ANNE, R. The role of wild foliage plants in the diet: A case study of Lushots. **Ecology of Food and Nutrition**, Tanzania, v. 2, n. 87, p. 93, 1979.
- BHAT, R.; YAHYA, N. B. Evaluating belinjau (*Gnetum gnemon* L.) seed flour quality as a base for development of novel food products and food formulations. **Food Chemistry**, Barking, v. 156, p. 42–49, 2014.
- BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, V.K. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 179-194, 2003.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, Madison, v. 25, n. 4. p. 313-325, 2009.
- BRAND-WILLIAMS; CUVELIER, M. E.; BERSER, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BURGNER, E.; FEINBERG, M. Determination of mono - and disaccharides in foods by interlaboratory study: Quantitation of Bias components for liquid chromatography. **Journal of AOAC International**, v. 75, n. 3, p. 443-464, 1992.
- CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KHRUMAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.19, n.1, p. 35 57, 1990.
- CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.
- CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H.G. de; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.
- CEVALLOS-CASALS, B. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Steichiometric and kinetic studies of antioxidants from Andean Purple Corn and Red-Fleshed Sweetpotato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3313-3319, 2003.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. **Boletim SBCTA**, v.30, n.1, p.37-43, 1996.

COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F.; ROSA, M. F.; FURTADO, A. A. L. Aproveitamento de resíduos agroindustriais: produção de enzimas a partir da casca de coco verde. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.19, n.1, p.33-42, 2001.

DAMIANI, C.; ALMEIDA, A. C. S.; FERREIRA, J.; ASQUIERI, E. R.; VILAS BOAS, E. V. B.; SILVA, F. A. Doces de corte formulados com casca manga. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p.360-369, 2011.

DUSHENKOV, V.; KUMAR, P. B. A. N.; MOTTO, H.; RASKIN, I. Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. **Environmental Science & Technology**, v. 29, n. 139, p. 145, 1995.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. H. Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man. **The American Journal of Clinical Nutrition**, United States, v. 45, p. 423, 1987.

ENGLYST, K. N.; LIU, S.; ENGLYST, H. N.; Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. **European Journal of Clinical Nutrition**, Germany, v. 61, p. 19, 2007.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J. Zinc in human nutrition. **Nutrition Research Review**, Tarrytown, v. 1, p. 23-37, 1988.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Human Energy Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation**, Rome: FAO; 2004.

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre – RS: Artmed, 2006

FERMINO, M. H.; GONÇALVES, R. S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J. R. P.; BUSNELLO, A. C.; TREVISAM, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 282-286, 2010.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: an overview. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V. 44, p. 631-53, 1996.

GAMEL, T. H.; LINSSEN, J. P.; MESALLAM, A. S.; DAMIR, A. A.; SHEKIB, L. A. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 86, p. 1095–1102, 2006.

GRANITO, M.; TORRES, A.; FRIAS, J.; GUERRA, M.; VIDAL-VALVERDE, C. Influence of fermentation on the nutritional value of two varieties of *Vigna sinensis*. **European Food Research and Technology**, Germany, v. 220, p. 182–186, 2005.

HAGEN, S. R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of aminoacids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n.6, n. 912-916, Nov.-Dec, 1989.

HARALAMPU, S. G. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydrate Polymers**, v. 41, p. 285–292, 2000.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure activity relationships. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-580, 2002.

HEMALATHA, S.; PLATEL, K.; SRINIVASAN, K. Zinc and iron contentes and their bioaccessibility in cereals and pulses consumed in india. **Food Chemistry**, Mysore, v.102, p. 1328-1336, 2007

HOPEWELL, R.; YEATER, R.; ULLRICH, I. Soluble fiber: effect on carbohydrate and lipid metabolism. **Progress in food & nutrition science**, v.17, p.159-182, 1993.

HSU, A. C.; CHENB, W.; WENGA, Y.; TSENG, C. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. **Food Chemistry**, Barking, v. 83, p. 85–92, 2003.

HURRELL, R. F. Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**. Tarrytown, v. 74, n. 6, p. 445–452, 2004.

JENKINS, D. J. A.; KENDALL, C. W. C.; RANSOM, T. P. P. Dietary fiber, the evolution of the human diet and coronary heart disease. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 18, p. 633-652, 1998.

KENDALL, C. W. C.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D. J. A. The link between dietary fibre and human health. **Food Hydrocolloids**, New York, v. 24, p. 42-48, 2010.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LACHANCE, P. A.; NAKAT, Z.; JEONG, W. S. Antioxidants: an integrative approach. **Nutrition**, v. 17, p. 8358, 2001.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, Barking, v. 76, p.69-75, 2002.

LIU, Q. **Understanding starches and their role in food**. In:___ S. Cui (Ed.), *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*, 349 p. New York: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.

MARQUES, T. R.; CORRÊA, A. D.; LINO, J. B. R.; ABREU, C. M. P.; SIMÃO, A. A. Chemical constituents and technological functional properties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) waste flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 3, p. 526-531, 2013.

MARTINS, S. F. S.; JONGEN, W. M. F.; BOEKEL, M. A. J. S. V. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetics modelling. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, n. 10, p. 364-73, 2000.

MARUATONA, G. N.; DUODU, K. G.; MINNAAR, A. Physicochemical, nutritional and functional properties of marama bean flour. **Food chemistry**, Barking, v. 121, p. 400-405, 2010.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

MENEZES, E. W.; DAN, M. C. T.; GIUNTINI, E. B.; FUKUMORI, C.; LAJOLO, F. M. Efeito do consumo de farinha de banana verde sobre o perfil de hormônios gastrintestinais relacionados à saciedade. **Nutrire: Revista da sociedade brasileira de alimentação e nutrição**, São Paulo, v. 36, p. 1-354, 2011.

MILLER, G. D.; DREWNOWSKI, A.; FULGONI, V.; HEANEY, R. P.; KING, J.; KENNEDY, E. It Is time for a positive approach to dietary guidance using nutrient density as a basic principle. **Journal of Nutrition**, v. 139, n. 6, p. 1198-1202, 2009.

MORALES, F. J.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. A study on advanced Maillard reaction in heated casein sugar solutions. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 675-83, 1997.

MOURE, A.; CRUZ, J.M.; FRANCO, S. et al. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, Barking, v.72, n.2, p.145-171, 2001.

MUIR, J.G.; O'DEA, K. Validation of an in vitro assay for predicting the amount of starch that escapes digestion in the small intestine of humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.57, p.540-546, 1993.

NUNES, C. S.; BAPTISTA, A. O. Implicações da reação de Maillard nos alimentos e nos sistemas biológicos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 96, n. 538, p. 53-9, 2001.

ONIANWA, P. C.; ADAEYEMO, A. O.; IDOWU, E. O.; OGABIELA, E. E. Copper and Zinc Contents of Nigeria Food and Estimate of the Adult-Dietary Intakes. **Food Chemistry**, Barking, v. 72, p. 89 -95, 2001.

OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A.; SÁYAGO-AYERDI, S. G.; REYES-BENÍTEZ, M. P.; TOVAR, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Effect of processing and storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 83, p. 1283-1288, 2003.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Chile, v. 2, n. 1, p.118-127, 2007.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. *Ciênc Tecnol Aliment. Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 88, 2007.

PRASAD, A. S. **Deficiency of zinc in man and its toxicity**. In:___ A. S. PRASAD; D. OBERLEAS, *The nutrition foundation. Trace elements in human health and diseases*. v. 1, Zinc and Copper, New York: Academic Press, 1976, 20 p.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K.; REYNOSO-CAMACHO, R.; MENDOZA-DÍAZ, S.; LOARCA-PIÑA, G. Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. **Food Chemistry**, Barking, v. 161, p. 254–260, 2014.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 479-483, 2009.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.

ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre glutamina, atividade física e sistema imune. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Goiânia, v.36, n.2, p.201-212, 2000.

SAJILATA, M.G.; SINGHAL, R. S; KULKARNI, P. R. Resistant starch- a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 5, n.1, p. 1- 17, 2006.

SCALBERT, A.; JOHNSON, I. T.; SALTMARSH, M. Polyphenols: antioxidants and beyond1–3. **The American Journal of Clinical Nutrition**, United States, v. 81, p. 215–217, 2005.

SEXTON, P.; CARROL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 1975-1986, 2002.

SGARIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Revisão: Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.2, n.1/2, p.7-19, 1998.

SHOCK, C. C.; SEDDIGH, M.; SAUNDERS, L. D.; STIEBER, T. D.; MILLER, J. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 10-15, 2000.

SIMÃO, A. A.; SANTOS M. A. I.; FRAGUAS, R. M.; BRAGA, M. A.; MARQUES, T. R.; Duarte, M. A. et al. Antioxidants and chlorophyll in cassava leaves at three plant ages. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 25, p. 2.650-2.658, 2013.

SIMAS, K.N.; VIEIRA, L. N.; PODESTÁ, R.; VIEIRA, M.A.; ROCKENBACH, I. I.; PETKOWICZ, C. L. O.; MEDEIROS, J. D.; FRANCISCO, A.; AMANTE, E.; AMBONI, R. D. M. C. Microstructure, nutrient composition and antioxidant capacity of king palm flour: a

new potential source of dietary fibre. **Bioresource Technology**, New York, v.101, p. 5701-5707, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Florianópolis, Editora da UFSC, 2000, p. 1104.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M.; SINGH, V. Nutrients and nutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. **Food Chemistry**, Barking, v. 131, p. 462-468, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 edição, porto alegre, Artmed, 2004, 318 p.
TOVAR, J.; MELITO, C. Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Barking, v. 44, p. 2642-2645, 1996.

TRIBESS, T.B.; HERNANDEZ, J.P.; MONTEALVO, M.G.C.; MENEZES, E.W.; BELLO-PEREZ, L.A.; TADINI, C.C. Thermal properties and resistance starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **Food Science and Technology**, London, v.42, p.1022-1025, 2009.

UNDERWOOD, E. J. **Trace Elements in Human and Animals Nutrition**. 4th ed. Academic Press, New York. 1977. 545 p.

VASCONCELOS, M. C. B. M.; BENNET, R. N.; ROSA, E. A. S. Composition of European Chestnut (*Castanea Sativa Mill*) and association with health effects: fresh and processed products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 90, n. 1, p. 1578-1589, 2010.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **The Journal of Automatic Chemistry**, v.8, n.4, p. 170-177, Oct-Dec., 1986.

WINZER, T; LOHAUS, G; HELDT, H. W. Influence of phloem transport, N fertilization and ion accumulation on sucrose in the taproots fodder beet and sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 863-870, 1996.

YAO, N.; PAEZ, A. V.; WHITE, P. J. Structure and function of starch and resistant starch from corn with different doses of mutant amylose-extender and floury-1 alleles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Barking, v. 57, p. 2040- 2048, 2009.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. **Cereal Food World**, v.43, n.9, p.690-695, 1998.

ZIELINSKI, H.; KOZLOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2008-2016, 2000.

CAPÍTULO 4 (Artigo científico 3)

**FATORES ANTINUTRICIONAIS E TOXICIDADE AGUDA DO EXTRATO
AQUOSO DO CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PUPUNHA (*Bactris
gasipaes* Kunth).**

FATORES ANTINUTRICIONAIS E TOXICIDADE AGUDA DO EXTRATO AQUOSO DO CO-PRODUTO DO PROCESSAMENTO DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth).

OLIVEIRA, L. F. Fatores antinutricionais e toxicidade aguda do extrato aquoso do co-produto do processamento de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). In: Resíduo do processamento de palmito de pupunha: Estudo físico, químico, tecnológico e toxicológico. Capítulo 3, p.104 - 128. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás – GO, 2015.

RESUMO

Os produtos de origem vegetal e os resíduos destes, produzidos pela agroindústria, possuem rápida taxa de degradação, sendo a secagem empregada como método de conservação para o aumento da vida útil do alimento, com a produção de farinhas, podendo ser utilizadas, posteriormente, na incorporação de produtos alimentícios. Entretanto, os vegetais apresentam composição química variável, podendo apresentar componentes tóxicos ao ser humano. Portanto, este trabalho teve como objetivo o estudo de compostos antinutricionais presentes na farinha das bainhas residuais, externas, medianas e internas do processamento de palmito de pupunha (FP) e nas bainhas residuais *in natura* (PN), a avaliação da digestibilidade *in vitro* de proteína da FP e a toxicidade aguda do extrato aquoso liofilizado da farinha (EP), em camundongos *Swiss*, machos e fêmeas. A FP e o PN apresentaram baixa atividade de inibidores de tripsina e não apresentam compostos cianogênicos em sua composição. Possuem baixo teor de taninos condensados ($68,88 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de catequina), taninos hidrolisados ($194,17 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de ácido gálico) e ácido fítico ($0,39 \text{ mg.g}^{-1}$). A FP apresentou 100% de digestibilidade e no teste de toxicidade aguda, com camundongos machos e fêmeas, o (EP), apresentou baixa toxicidade, sendo considerado de classe 5 conforme a OECD. Portanto, a FP pode ser utilizada na composição de produtos alimentícios, devido à baixa quantidade de antinutrientes, representando também, segurança toxicológica, devido à ausência de compostos tóxicos e a baixa toxicidade do EP.

Palavras-chave: Toxicidade aguda, *screening* hipocrático, extrato aquoso liofilizado, digestibilidade de proteína.

ABSTRACT

The vegetable products and residues of these, produced by the agribusiness, have a faster rate of degradation, and the drying is employed as preservation method for increasing the shelf life of the food, as production of flour, that can be used, subsequently, in incorporation of food products. However, the plants have variable chemical composition, and may have toxic compounds to humans. Therefore, this study aimed to the study of antinutritional compounds present in flour waste of sheaths, external, median and internal, of peach palm processing (PF) and in waste sheaths fresh (WP), the evaluation of the in vitro protein digestibility of PF and the acute toxicity of lyophilized aqueous extract of waste sheaths flour, external, middle and internal of peach palm (PE) in *Swiss* mice, male and female. The PF and WP showed low activity of trypsin inhibitors and show cyanogenic compounds in its composition. They have low levels of condensed tannins ($68.88 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ catechin Eq), hydrolyzed tannin ($194.17 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ gallic acid Eq), and phytic acid (0.39 mg.g^{-1}). The PF showed 100% of protein digestibility and the acute toxicity test, with male and female mice, the PE, showed low toxicity and is considered class 5. Therefore, PF can be used in the formulation of food products, due to the low content of antinutrients, representing toxicological safety, due to the absence of toxic compounds and low toxicity PE.

Keywords: Acute toxicity, hippocratic screening, lyophilized aqueous extract, protein digestibility.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos de origem vegetal possuem rápida taxa de degradação, devido ao alto teor de água presente na matriz, levando à redução no tempo de armazenamento destes. A secagem, no entanto, permite o aumento da vida útil do alimento, com a redução de peso, custos de transporte e embalagem, sendo os produtos farináceos muito utilizados como ingredientes na indústria de alimentos, sobretudo para a elaboração de produtos de panificação (QUEIROZ et al., 2015). Abud e Narain (2009), por exemplo, estudaram a incorporação da farinha de resíduo de diferentes polpas de frutas na aplicação em biscoitos, obtendo resultados satisfatórios (ABUD; NARAIN, 2009).

Além da praticidade e facilidade para o consumo, a farinha pode ser alternativa ao aproveitado de partes inutilizadas de alimentos, gerando um produto de grande valor nutricional. Entretanto, os produtos isolados de plantas compõem vasta gama de compostos orgânicos naturais, produtos do metabolismo primário e secundário, que podem exercer efeitos benéficos ou maléficos sobre o organismo (TUROLLA; NASCIMENTO, 2006). A composição das polpas de frutos, bagaços, cascas, talos e sementes de plantas, possuem características próprias e complexas, podendo apresentar tanto compostos biologicamente ativos, quanto antinutricionais e tóxicos.

Os fitoquímicos são compostos biologicamente ativos, encontrados em plantas que, quando ingeridos, fornecem benefícios funcionais além da nutrição básica (LIU, 2007). São compostos que participam do metabolismo secundário de plantas, com o objetivo, muitas vezes, de protegê-las contra ataques de insetos e animais, no entanto, a adstringência de algumas substâncias, ali presentes, pode contribuir com gosto amargo e indesejável nos alimentos (LIU, 2007; NACZK, et al., 1998). Além disso, alguns fitoquímicos podem, também, formar complexos com proteínas e aminoácidos essenciais, reduzindo o valor nutricional do alimento (NACZK et al., 1998).

Outro problema é o consumo de substâncias tóxicas ao ser humano, na ingestão de partes não convencionais dos alimentos, como doses significativas de cianeto, advindas de alimentos ricos em glicosídeos cianogênicos e pobremente processados, que podem resultar em intoxicações crônicas e agudas, causando anomalias tais como a doença de Konzo (YEN et al., 1995). A presença de contaminantes químicos nos alimentos, também, pode causar vários danos, incluindo reações de hipersensibilidade e toxicidade, que podem ocorrer de forma aguda, crônica e/ou retardada, como a ação carcinogênica (MIDIO; MARTINS, 2000).

Além disso, a exposição humana, à componentes tóxicos, pode estar associada à enfermidades como, desordens genéticas, supressão do sistema imune, fígado e rins, problemas de saúde mental e promoção de alguns tipos de câncer (WHO, 2005). Portanto, percebe-se a necessidade de estudos de toxicidade em resíduos ou matérias-primas, cujo aspecto toxicológico é desconhecido, para que o seu consumo seja seguro à população.

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), é uma palmeira nativa da região Amazônica, utilizada para o consumo do palmito *in natura* ou em conserva (ANEFALOS; MODOLO; TUCCI, 2007; CLEMENT, 1988), sendo as bainhas que envolvem o palmito, retiradas durante o processamento, gerando grandes quantidades de resíduos.

Esses resíduos são motivos de grande preocupação para a indústria, surgindo a necessidade de estudos sobre o seu aproveitamento, para produtos comerciais ou matérias-primas em processos secundários (LAUFENBERG, et al. 2003; PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I., 2007). Entretanto, a utilização dessa matéria incomum à alimentação humana, compostas por bainhas externas, medianas e internas, no qual tem função protetora ao palmito comestível, pode apresentar fitoquímicos com atividades desconhecidas.

Dessa forma, torna-se importante a investigação dos componentes antinutricionais e a toxicidade aguda, para que a farinha produzida, a partir deste componente, possa ser aplicada à alimentação humana de forma segura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi a avaliação de antinutrientes presentes na farinha das bainhas residuais, externas, medianas e internas do palmito de pupunha (FP), a avaliação da digestibilidade *in vitro* de proteína da FP e a toxicidade aguda do extrato aquoso liofilizado da farinha (EP), em camundongos *Swiss*, machos e fêmeas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção matéria-prima

A matéria-prima, bainhas residuais resultantes do processamento do Palmito de Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), foram obtidas na Agroindústria Casa Verde LTDA, Rodovia GO 330, km 107, zona rural, Vianópolis-Goiás/Brasil e transportadas para o laboratório de vegetais, do departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás (UFG), sendo as análises realizadas em parceria com a Escola de Agronomia, Faculdade de Nutrição e Faculdade de Farmácia, ambas da UFG.

2.2 Preparo da farinha

A farinha foi preparada de acordo com a metodologia proposta por Simas et al. (2010) com modificações. As bainhas residuais, externa, mediana e interna, retiradas do processamento do palmito em conserva, foram imediatamente lavadas em água corrente e sanitizadas com hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1} , durante 20 min.), ainda na indústria, foram colocadas em sacos plásticos transparentes e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para que fosse feito o transporte até os laboratórios da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO. Para a produção da farinha, as bainhas foram novamente higienizadas em água corrente e a camada esponjosa protetora, que as envolve, foi retirada com auxílio de facas por meio de raspagem.

As bainhas limpas foram cortadas em tiras, para facilitar a secagem e a moagem das mesmas, colocadas novamente em solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1} , durante 20 min), enxaguadas com hipoclorito de sódio em menor concentração (100 mg L^{-1}) e uma porção do resíduo in natura, denominado bainhas residuais externa, mediana e interna, in natura, do processamento do palmito de pupunha (PN) foi separada e congelada, para a realização das análises de compostos antinutricionais (inibidores de tripsina, compostos cianogênicos, ácido fítico, taninos condensados e hidrolisados).

O restante da matéria-prima, foi levada à estufa de circulação de ar (Tecnal TE-394, Piracicaba, BRASIL) à 80°C , para secagem durante 12 horas, ou até que atingissem o limite máximo de umidade permitido pela legislação americana e brasileira, para a farinha de trigo,

que é de 15% (BRASIL, 2005; U.S, 2011).

Em seguida, as bainhas secas, foram moídas em moinho de facas (MARCONI, MA630), até a formação da farinha à 60 mesh, sendo esta, armazenada em sacos plásticos herméticos (PEBD/Nylon/PEBD) e colocada em freezer à $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ até a realização das análises.

2.3 Fatores antinutricionais e digestibilidade *in vitro* de proteína

A análise de Ácido Fítico, foi baseada na precipitação de fitato férrico com solução de FeCl_3 , de quantidade conhecida de ferro, realizada segundo o método descrito por Latta e Eskin (1980) e Villela, Bacila e Tastaldi (1973), realizada com duas repetições em triplicata. A análise de atividade de inibidores de tripsina foi determinado espectrofotometricamente (CARY 50 SCAN UV/VISIBLE SPECTROPHOTOMETER-VARIAN), em comprimento de onda de 410 nm, seguindo-se metodologia preconizada pela AOCS (2009), em duplicata. A análise de compostos cianogênicos foi realizada pelo teste de Guignard, que é um método qualitativo, que baseia-se na formação do composto colorido isopurpurato alcalino, a partir da reação do ácido cianídrico com o picrato de sódio, conforme a metodologia descrita por Costa (2001), como controle positivo, utilizou-se a amêndoa da ameixa, e as análises foram realizadas em triplicata.

A análise de taninos condensados e hidrolisados foram realizadas, espectrofotometricamente (Rayleigh, UV-1800), de acordo com metodologia proposta por Brune, Hallberg e Skanberg (1991), em triplicata. A Digestibilidade de *in vitro* de proteína, foi realizada como descrito por Akeson e Stahmann (1964), realizada em duplicata.

2.4 Análise de toxicidade

2.4.1 Preparo do extrato aquoso

Para o preparo do extrato aquoso liofilizado, pesou-se 2,5g de farinha das bainhas residuais, externa, mediana e interna de pupunha (FP), para cada 50 mL de água destilada, agitou-se por 1 hora para solubilização dos compostos polares, posteriormente, fez-se a filtração e liofilizou-se o extrato, em liofilizador (Liop – LP510/ São Carlos-SP) para concentração dos componentes solúveis. O extrato aquoso liofilizado, denominado, extrato

aquoso liofilizado da farinha das bainhas residuais interna, mediana e interna, do processamento de pupunha (EP), foi utilizado para administração via gavagem, nos camundongos, machos e fêmeas, nas doses de 300 e 2000 mg.Kg⁻¹ por peso do animal.

2.4.2 Descrição dos animais

Foram utilizados, para a realização deste estudo, 18 camundongos *Swiss, out bred*, do sexo feminino (9) e masculino (9), com peso médio entre 40 e 50 g (machos) e 38 e 39 (fêmeas), provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Goiânia- GO. Os animais foram acondicionados na Sala de Experimentação Animal do NEPET (Núcleo de Estudos e Pesquisas Tóxico-Farmacológicas da Faculdade de Farmácia - UFG), à temperatura ambiente (25 ± 2°C), com umidade relativa do ar entre 50 à 70% e monitoramento do ciclo claro-escuro a cada 12 horas. Antes dos experimentos, os animais, foram aclimatados por 7 dias no laboratório, onde foram mantidos em caixas para gaiolas, de polipropileno, com dimensão de 40x30x16 cm, forradas com maravalha e alimentados com ração comercial (presence) e água filtrada, oferecidos à vontade. As caixas e bebedouros utilizados na manutenção dos animais foram lavados com uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, seguida pelo enxague com água. Os animais foram divididos em 6 grupos, com 3 animais cada, separados de acordo com o sexo.

Os procedimentos, envolvendo o manejo e cuidados dos animais, foram realizados baseados no *Niehs Handbook for Investigators and Technicians*, do National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), nos Estados Unidos da América, de setembro de 2011. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – COEP/UFG, sob o protocolo 06514.

2.4.3 Toxicidade aguda de classe

A toxicidade oral aguda foi realizada, conforme o Guia OECD-423, de Toxicidade Aguda de Classe (OECD, 2001), que determina as doses utilizadas no estudo (5 mg.Kg⁻¹, 50 mg.Kg⁻¹, 300 mg.Kg⁻¹ e 2000 mg.Kg⁻¹) e o número de animais por dose (três animais). No teste, foram avaliadas as doses de 2000 e 300 mg.Kg⁻¹, por peso do animal, partindo do pressuposto que a farinha das bainhas residuais, externa, mediana e interna de pupunha (FP), não apresentam toxicidade, devido à envolverem o palmito comercializado e já conhecido.

No ensaio com animais, o grupo controle foi tratado apenas com água potável, via gavagem, uma vez, no dia do início do teste, mantendo-se posteriormente, água e ração disponível durante todo o período de observação, que durou 14 dias. Os grupos tratados, receberam a dose de 300 e 2000 mg.Kg⁻¹ do extrato aquoso liofilizado das bainhas residuais, interna, mediana e interna, do processamento de pupunha (EP), apenas uma vez, no dia do início do tratamento, via gavagem, sendo mantidos após o tratamento, nas mesmas condições de disponibilidade de água e ração do grupo controle.

Antes da administração das doses, os animais ficaram em jejum por 10 horas e, após a administração oral, os animais ficaram sob observação nos primeiros 30 minutos, 1h, 2h, 4h, 6h, 12h e 24h e, a partir de então, diariamente, até o 14º dia após o tratamento. Foram avaliados os seguintes sinais, seguindo o *screening* hipocrático: atividade geral, frêmito vocal, irritabilidade, resposta ao toque, resposta ao aperto de cauda, tônus do corpo, força para agarrar, reflexo auricular, tremores, convulsões, micção, defecação, piloereção, respiração e morte. Os sinais avaliados na observação comportamental e exame clínico sistemático dos animais foram registrados em protocolo impresso, com a lista de sinais a serem investigados (MALONE; ROBICHAUD, 1962)

No 15º dia, os animais foram eutanaziados e, durante a necropsia, os órgãos da cavidade corpórea, fígado e rins, foram avaliados macroscopicamente quanto ao aspecto, coloração, tamanho e consistência. Foram realizadas, também, análises histológicas dos tecidos para observação de danos celulares.

Para o preparo dos tecidos e das lâminas histológicas, fixação, desidratação, clarificação e impregnação, seguiu-se a metodologia descrita pelo *Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology*.

2.4.4 Delineamento Estatístico

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado e os resultados foram expressos por meio de médias, desvio padrão e coeficiente de variação. Para a análise e compostos antinutricionais e ensaio de toxicidade, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA), as médias, significativas foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos compostos antinutricionais e digestibilidade *in vitro* de proteína da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) e do resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN), estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Avaliação de compostos antinutricionais da farinha das bainhas residuais externa, mediana e interna de pupunha (FP) e do resíduo das bainhas, externas, medianas e internas, *in natura*, do palmito de pupunha (PN). E digestibilidade *in vitro* de proteína da FP.

| ANÁLISE | PN ^{1,2} | FP ^{1,2} |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Atividade de Inibidores de Tripsina (UIT.mg ⁻¹ de amostra) | 1,43 ^a ± 0,16 (0,11) | 5,77 ^b ± 0,10 (0,01) |
| Compostos cianogênicos (presença/ausência) | Ausente | Ausente |
| Ácido Fítico (mg.g ⁻¹) | 0,06 ^a ± 0,01 (0,16) | 0,39 ^b ± 0,01(0,02) |
| Taninos condensados (mg(100g) ⁻¹ Eq de catequina) | 68,65 ^a ± 0,02 (0,0) | 68,88 ^b ± 0,03(0,0) |
| Taninos hidrolisados (mg(100g) ⁻¹ Eq de ácido gálico) | 194,11 ^a ± 0,07 (0,0) | 194,17 ^a ± 0,03 (0,0) |
| Disgestibilidade <i>in vitro</i> de proteína | - | 100% |

¹Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (Coeficiente de variação). ²Letras iguais minúsculas na mesma linha não representam diferença estatística significativa a 5%.

Em relação à atividade de inibidores de tripsina, a FP (5,77 UIT.mg⁻¹) e a PN (1,43 UIT.mg⁻¹) apresentaram diferença estatística, a nível de 5% de significância. Entretanto, A atividade de inibidores de tripsina na FP foi maior, devido à secagem das bainhas para fabricação da farinha que, com a retirada da água, houve consequente concentração dos compostos. A FP apresentou, também, baixo teor de inibidores de tripsina, quando comparado à outras farinhas, como a farinha de feijão caupi (8,0 UIT.mg⁻¹), estudada por Frota, Soares e

Arêas (2008) e às farinhas desengorduradas de várias cultivares de soja, (28,15 à 43,06 UIT.mg⁻¹), estudadas por Miura et al. 2005.

Os inibidores de enzimas são moléculas proteicas que diminuem a atividade enzimática, ligando-se às enzimas, podem também, limitar a utilização da proteína na dietas humana, reduzir a disponibilidade de nutrientes e causar inibição do crescimento (SIDDHURAJU, BECKER; MAKKAR, 2000; THOMPSON, 1993). Portanto, a FP foi beneficiada pela baixa atividade de inibidores de tripsina, o que torna os componentes nutricionais, mais biodisponíveis.

A FP e a PN não apresentaram compostos cianogênicos em sua composição, sendo assim, a FP é beneficiada, pela ausência de substâncias tóxicas oriundas do ácido cianídrico, aumentando a segurança toxicológica ao consumidor. Normalmente, o ácido cianídrico livre não é produzido na planta; na verdade, é sintetizado e acumulado como glicosídeos cianogênicos (BOKANGA, 1995). O ácido cianídrico livre, também é tóxico, pois ao entrar na célula, tem a capacidade de interromper a cadeia respiratória, por meio do bloqueio da enzima citocromo oxidase, causando anóxia celular (HODGSON, 2004). Quando os tecidos das plantas são rompidos, intencionalmente ou não, os glicosídeos cianogênicos podem ser hidrolisados por enzimas endógenas, sendo encontrados compartimentados, para liberação de glicose e acetona cianidrina (PADMAJA, 1995). A acetona cianidrina, também apresenta capacidade de envenenamento cumulativo nas células cancerosas, fazendo com que a sobrevivência dessas células diminua com o aumento do tempo de exposição à substância e o (RAMALHO; AYDOS; CEREDA, 2010).

Em relação ao teor ácido fítico, a FP apresentou maior teor (0,39 mg.g⁻¹) do que a PN (0,06 mg.g⁻¹). O teor de fitato depende das condições de crescimento, técnicas de colheita, métodos de processamento, métodos de análises e a idade da planta. Entre todos os compostos antinutricionais, o ácido fítico é de primordial importância para a nutrição humana e a gestão de saúde (RABOY, 2001).

O fitato é encontrado, em muitas plantas, como a principal fonte de fosfato reativo para os organismos vivos e pode ser considerado antinutriente, devido à sua capacidade de quelar minerais, reduzindo a biodisponibilidade do cálcio, ferro, zinco, magnésio, manganês e cobre, tornando-os menos disponíveis para a digestão e a absorção no intestino delgado (CREA et al., 2006; LESTIENNE et al., 2005; WISE, 1983; KONIETZNY; GREINER, 2003; LOPEZ et al, 2002).

Além disso, também tem sido relatado que o fitato é capaz de formar complexos com proteínas, alterando a estrutura da proteína, o que pode resultar na redução da solubilidade da

proteína, da atividade enzimática proteolítica e digestibilidade (SHAMSUDDIN, 2002). O fitato é estável ao calor, e não é facilmente degradado (KUMAR et al., 2010), portanto, a FP apresenta resultados positivos, em relação ao teor de fitato, devido à baixa concentração destes, o que leva ao aumento da digestibilidade de proteína *in vitro*.

Entretanto, é reportado também, que o fitato pode proporcionar benefícios para a saúde, reduzindo o índice glicêmico, devido à formação de complexos com carboidratos, reduzindo assim, a solubilidade e afetando a absorção de glicose. O fitato pode ligar-se ao amido, por ligações de hidrogênio, por meio das proteínas associadas ao amido (LEE et al, 2006; RICKARD; THOMPSON, 1997; YOON, THOMPSON; JENKINS, 1983). Também tem sido associado, à redução significativa do número de tumores do cólon em ratos (ULLAH; SHAMSUDDIN, 1990). Logo, apesar da presença de fitato, de forma geral, apresentar-se ruim em relação à digestibilidade de proteínas, este pode exercer efeitos funcionais benéficos, principalmente, quando em baixas concentrações, pois dessa forma, não interfere muito na digestibilidade.

Para o teor de taninos condensados, houve diferença estatística, à nível de 5% de significância, entre a farinha seca e o resíduo *in natura*, sendo que a FP apresentou maior teor ($68,88 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de catequina) em relação à PN ($68,65 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de catequina), o que pode ser explicado, devido à concentração de substâncias químicas presentes na matéria-prima após secagem. A FP e a PN apresentaram baixos teores de taninos condensados, quando comparadas à outros alimentos, como por exemplo, os feijões de 24 cultivares, estudados por Welch et al. (2000), que reportaram valores de até $265 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de catequina no grão. Além disso, Khattab et al. (2010), estudando sementes de canola, encontraram valores de taninos condensados de 680 mg à $1.530 \text{ mg}(100\text{g})^{-1}$ Eq de catequina.

Os taninos são compostos fenólicos que apresentam solubilidade em água e apresentam a propriedade de complexar-se com proteínas, amido, celulose e sais minerais (BRUNETON, 1991; SIMOES; SCHENKEL, 2000). A FP e a PN são favorecidas pelo baixo teor de taninos e, conseqüentemente, baixa adstringência e maior qualidade no sabor.

Os taninos condensados estão presentes na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis (BARTOLOMÉ et al., 1995). Entretanto, os taninos, em particular os condensados, têm a habilidade de associar-se e precipitar proteínas. Del Pino e Lajolo (2003), estudando os efeitos dos taninos condensados sobre a digestibilidade da faseolina, principal proteína do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), concluíram que a presença desse tanino, afetou a digestibilidade *in*

in vitro da faseolina, quando esteve na proporção 5/20 (tanino/proteína), ponto no qual toda a proteína em solução foi precipitada pelos taninos.

A ligação entre taninos condensados e proteínas ocorre, provavelmente, por meio de ligações de hidrogênio entre os grupos fenólicos dos taninos e determinados sítios das proteínas, emprestando duradoura estabilidade a estas substâncias (BENEVIDES et al., 2011; BRUNETON, 1991; HASLAM; LILLEY, 1988). Dessa forma, a baixa concentração de taninos condensados na FP, é favorecida, pois em altas concentrações, esse fitoquímico pode se ligar às proteínas reduzindo a sua digestibilidade.

A FP e a PN não apresentaram diferença estatística entre si, à nível de 5% de significância, para o teor de taninos hidrolisados. O teor de taninos hidrolisados na FP (194,17 mg(100g)⁻¹ Eq de ácido gálico) e na PN (194,11 mg(100g)⁻¹ Eq de ácido gálico) foi maior do que os taninos condensados em ambas as amostras.

Os taninos hidrolisáveis consistem de poliésteres de ácidos gálicos e ácidos elágicos glicosilados, formados a partir do chiquimato, facilmente hidrolisáveis por ácidos, tendo como resultado da hidrólise, a glicose e o ácido gálico (HELDT, 1997; FIALHO; PINTO, 1992). Segundo Diques e Rooney (2007), os taninos hidrolisados contribuem para a adstringência de muitos frutos e produtos vegetais, devido à precipitação de glicoproteínas salivares (BRANDES; FREITAS, 1992; HEIL et al. 2002; HELDT, 1997). No entanto, têm propriedades antioxidantes e podem, também, desempenhar propriedades anticarcinogênicas, cardiovasculares, protetoras do sistema gástrico, propriedades anti-ulcerosas, além de ajudar a reduzir os níveis de colesterol no sangue (DIQUES; ROONEY, 2007).

Os taninos elágicos são muito mais freqüentes que os gálicos, e é provável que o sistema bifenílico do ácido hexaidroxidifenílico, seja resultante da ligação oxidativa entre dois ácidos gálicos (BRUNETON, 1991). A decomposição de taninos hidrolisáveis é mediada por duas enzimas, uma com atividade esterásica sobre a ligação éster entre o grupo anel aromático e o resíduo de glicose, e a outra depsidásica sobre a ligação éster entre os anéis aromáticos (PINTO et al., 2005). Dessa forma, a FP é beneficiada pela baixa concentração desses taninos, que em altas quantidades interferem de forma desagradável no sabor, devido à adstringência.

No entanto, os taninos hidrolisáveis podem ter atividades biológicas, tais como, antioxidante, anti-viral, antimicrobiana, anti-tumoral e anti-bacteriano (ADAMS et al., 2006; BUZZINI et al., 2008) no qual, inúmeras investigações mostraram que os taninos hidrolisáveis exibiram mais potencial antioxidante, em comparação com outras substâncias bioativas, como os flavonóides (KOLECKAR et al., 2008; YOKOZAWA et al., 1998).

Porém, podem apresentar efeito tóxico, causado pela absorção intestinal dos produtos finais da hidrólise, ocasionando hemorragias, gastroenterites, necrose hepática e nefrites, entre outros (FIALHO; PINTO, 1992). Portanto o efeito que os taninos irão exercer no organismo, é dose dependente, pois este pode tanto ser desagradável ao paladar, como pode exercer função funcional ao organismo, como em adverso causar a toxicidade.

Em relação à digestibilidade *in vitro* de proteína, a FP apresentou 100% de digestibilidade, o que pode ter ocorrido devido à temperatura empregada e o desdobramento da estrutura quaternária da proteína, tornando-a mais acessível à ação das proteases. Além disso, os inibidores de proteases são destruídos pelo aquecimento (ADEYEYE, 1997; HSU et al., 1977) e sua ação é reduzida, aumentando a digestibilidade proteica. Outro fator importante é a baixa concentração de antinutrientes como, taninos e ácido fítico, pois, segundo Rahma et al. (1988) estes componentes, podem também reduzir a digestibilidade *in vitro* da proteína, exercendo ação antinutricional, devido formação de complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos, tornando-os biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (MARTINEZ-DOMINGUEZ et al. 2002; MARTINEZ-VALVERDE et al. 2000).

Em relação ao teste de toxicidade aguda, realizados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nenhuma morte ou alteração clínica foi observada nos grupo controle ou no grupo em estudo, tratado com as doses de 300 e 2000 mg.Kg⁻¹, para machos e fêmeas, durante o período de 14 dias, podendo-se dizer que o EP, não apresentou toxicidade aguda. É sabido que as fêmeas são mais sensíveis à testes toxicológicos, do que os machos, logo, a utilização de ambos os sexos, demonstra que realmente não houve toxicidade por parte da EP.

No *screening* hipocrático, não foi observada nenhuma alteração motora ou sensorial, irregular, conseqüente de toxicidade, nos grupos tratados com as doses de 300 e 2000 mg.Kg⁻¹, para machos e fêmeas, o que segundo Malone e Robichaud (1983), o *screening* hipocrático fornece estimativa geral da toxicidade da substância sobre o estado consciente e disposição geral, atividade e coordenação do sistema motor, reflexos e atividades sobre o sistema nervoso central e sobre o sistema nervoso autônomo.

Observou-se, ainda, que o consumo de água e produção de excretas para camundongos machos (Tabela 2), foi maior no grupo tratado com extrato aquoso, na dose de 2000 mg.Kg⁻¹ (TM2), do que para os camundongos machos tratados com a dose de 300 mg.Kg⁻¹ (TM1), comparando-se com o grupo controle de camundongos machos (CM1). Para o consumo de

ração, o grupo tratado com extrato aquoso na dose de 300 mg.Kg⁻¹, para camundongos machos (TM1), apresentou maior consumo, em relação ao CM1 e TM2.

Para as fêmeas, o grupo tratado com extrato aquoso, na dose de 300 mg.Kg⁻¹ (TF1) apresentou o menor consumo de água (Tabela 2), em relação aos grupo controle de camundongos fêmeas (CF1) e o grupo tratado com extrato aquoso, na dose de 2000 mg.Kg⁻¹ (TF2). O consumo de ração nos grupos TF1 e TF2 foram maiores que o grupo controle (CF1) e, em relação à produção de excretas, o grupo TF1 apresentou o maior valor. A toxicidade sistêmica de determinada substância pode manifestar-se, também, por meio da redução nos consumos de água e ração, alteração comportamental, apatia, má condição de pelagem e alteração da massa relativa dos órgãos (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

Tabela 2 - Média dos valores obtidos no consumo de água, consumo de ração e produção de excretas dos camundongos *Swiss*, machos e fêmeas, avaliados por 14 dias, nos grupos controle e tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 e 300 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.

| GRUPOS ² | Consumo de água (mL/dia/grupo) ^{1,3} | Consumo de ração (g/dia/grupo) ^{1,3} | Produção de excretas (g/dia/grupo) ^{1,3} |
|---------------------|--|--|--|
| CM1 | 26,25 ^a | 23,66 ^a | 12,00 ^a |
| TM1 | 29,72 ^b | 27,75 ^c | 12,64 ^b |
| TM2 | 31,94 ^c | 27,42 ^b | 13,91 ^c |
| CF1 | 29,58 ^c | 31,30 ^a | 12,50 ^b |
| TF1 | 27,29 ^a | 32,00 ^b | 14,25 ^c |
| TF2 | 29,37 ^b | 33,39 ^c | 11,95 ^a |

¹Os valores expressos como Média (n = 3 animais em cada grupo). ²CM1 = grupo controle de camundongos machos, tratados com água. TM1 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 300 mg.Kg⁻¹, para camundongos machos. TM2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos machos. CF1 = Grupo controle de camundongos fêmeas, tratadas com água. TF1 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 300 mg.Kg⁻¹, para camundongos fêmeas. TF2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos fêmeas. ³Letras iguais minúsculas na mesma coluna não representam diferença estatística significativa a nível de 5%. Não foi realizado a comparação entre machos e fêmeas.

A baixa toxicidade do EP pode ter sofrido influência pelo solvente utilizado, o método de extração e, também, pela parte da planta utilizada (bainhas), pois, segundo Hurst, 1942 e Oelrichs et al.(1985), a planta possui uma composição química própria e influenciável por estes procedimentos. Evidências toxicológicas demonstram que toda substância é agente tóxico em potencial, dependendo apenas das condições de exposição, como dose administrada ou absorvida, tempo, frequência e via de administração (CASTRO, 1993). Dessa forma, a

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) preconiza o uso da dose limite de 2000 mg.Kg⁻¹, que é suficiente para estimar a DL₅₀, sendo que o EP, enquadra-se na Classe 5 (substância com DL₅₀ superior a 2000 mg.Kg⁻¹ e menor que 5000 mg.Kg⁻¹), considerada de baixa toxicidade. Somente em casos excepcionais é que existe justificativa do uso da dose de 5000 mg.Kg⁻¹ (OECD, 2001; BRASIL, 2004). Apesar da baixa toxicidade aguda, no entanto, recomenda-se estudos complementares como a toxicidade subaguda e avaliações de parâmetros bioquímicos em estudos de doses repetidas, para avaliações mais detalhadas da toxicidade do extrato.

Os órgãos avaliados, fígado e rins, tanto para camundongos machos quanto para fêmeas, apresentaram-se inalterados, macroscopicamente, durante a biópsia, bem como a massa relativa destas vísceras (Tabela 3), apresentaram-se normais.

Tabela 3 – Massa relativa dos órgãos (fígado e rins), após eutanásia dos camundongos *Swiss*, machos e fêmeas, tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 e 300 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.

| GRUPOS ² | Fígado ^{1,3} (g(100g) ⁻¹) | Rim direito ^{1,3} (g(100g) ⁻¹) | Rim esquerdo ^{1,3} (g(100g) ⁻¹) |
|---------------------|---|--|---|
| CM1 | 2,32 ^a | 0,33 ^a | 0,29 ^a |
| TM2 | 2,76 ^b | 0,40 ^b | 0,38 ^b |
| CF1 | 2,0 ^b | 0,27 ^a | 0,26 ^a |
| TF2 | 1,93 ^a | 0,29 ^b | 0,31 ^b |

¹Os valores expressos como Média (n = 3 animais em cada grupo). ²CM1 = grupo controle de camundongos machos, tratados com água. TM2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos machos. CF1 = Grupo controle de camundongos fêmeas, tratadas com água. TF2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos fêmeas. ³Letras iguais minúsculas na mesma coluna não representam diferença estatística significativa a nível de 5%. Não foram realizadas comparações entre machos e fêmeas.

As análises microscópicas da histologia do fígado e rins de camundongos *Swiss* machos e fêmeas, estão apresentados no Quadro 1 e 2 abaixo.

Quadro 1: Análise histológica do fígado e rins de camundongos *Swiss* machos, do grupo controle e grupos tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.

| GRUPO | RINS E FÍGADO |
|----------------------|---|
| CM1.A ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão discreta tanto na cortical como na medular. Infiltrado |

| | |
|----------------------|--|
| | inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Sem alterações. |
| CM1.B ^{1,2} | Rim 1: Congestão cortical discreta. Rim 2: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Sem alterações. |
| CM1.C ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical e medular discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Sem alterações. |
| TM2.A ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Cariomegalia discreta. |
| TM2.B ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical e medular discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Cariomegalia discreta. |
| TM2.C ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Cariomegalia discreta. |

¹CM1 = grupo controle de camundongos machos, tratados com água. TM2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos machos. ²A, B e C = animais 1, 2 e 3 de cada grupo.

Quadro 2: Análise histológica do fígado e rins de camundongos *Swiss* fêmeas, do grupo controle e grupos tratados com extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas doses de 2000 mg.Kg⁻¹ por massa corporal de animal.

| GRUPO | RINS E FÍGADO |
|----------------------|--|
| CF1.A ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Cariomegalia discreta. |
| CF1.B ^{1,2} | Rim 1: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico focal discreto. Rim 2: Congestão cortical discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico multifocal discreto. Fígado: Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico focal discreto. |
| CF1.C ^{1,2} | Rim 1 e 2: Sem alterações. Fígado: Sem alterações. |
| TF2.A ^{1,2} | Rim 1: Congestão cortical e medular discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico focal discreto. Rim 2: Congestão cortical discreta. Fígado: Sem alterações. |
| TF2.B ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical e medular discreta. Fígado: Sem alterações. |
| TF2.C ^{1,2} | Rim 1 e 2: Congestão cortical e medular discreta. Infiltrado inflamatório mononuclear linfocítico focal discreto. Fígado: Congestão discreta. |

¹CF1 = Grupo controle de camundongos fêmeas, tratadas com água. TF2 = Grupo tratado com extrato aquoso na dose de 2000 mg.Kg⁻¹, para camundongos fêmeas. ²A, B e C = animais 1, 2 e 3 de cada grupo.

Não foram observadas características anormais, referentes à toxicidade do extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP), nas análises histológicas de camundongos *Swiss*, machos e fêmeas.

4. CONCLUSÃO

A FP e o PN apresentaram baixo teor de compostos antinutricionais, ausência de compostos cianogênicos e baixa atividade de inibidores de tripsina. A FP apresentou 100% de digestibilidade *in vitro* de proteína e o extrato aquoso das bainhas residuais, externa, mediana e internas da pupunheira (EP) apresentou baixa toxicidade, considerado de classe 5, conforme a OECD. Portanto, a FP pode ser utilizada na composição de produtos alimentícios, sem que haja redução da biodisponibilidade de minerais, aminoácidos e proteínas, devido à baixa quantidade de antinutrientes, representando também, segurança toxicológica.

REFERÊNCIAS

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 4, p.257-265, 2009.

ADAMS, L. S.; SEERAM, N. P.; AGGARWAL, B. B.; TAKADA, Y.; SAND, D.; HEBER, D. Pomegranate juice, total pomegranate ellagitannins, and punicalagin suppress inflammatory cell signaling in colon cancer cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, n. 3, p. 960-985, 2006.

ADEYEYE, E. I. The effect of heat treatment on the in-vitro multienzyme digestibility of protein of six varieties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 60, p. 509–512, 1997.

AKESON W.R., STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.83, n.2, p. 257-261, 1964.

ANEFALOS, L. C.; MODOLO, V. A.; TUCCI, M. L. S. Expansão do cultivo da pupunheira no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, 2002-2006. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 10, p. 37-43, 2007.

BARTOLOMÉ, B., JIMÉNEZ-RAMSEY, L.M., BUTLER, L.G. Nature of the condensed tannins present in the dietary fibre fractions in foods. **Food Chemistry**, Barking, v.53, n.4, p.357-362, 1995.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. B. LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BOKANGA, M. Biotechnology and cassava processing in Africa. **Food Technology**, v. 49, p. 86 – 90, 1995.

BRANDES, D. E.; FREITAS, E. A. G. Taninos condensados-uma ferramenta para melhorar o desempenho de ruminantes. **Agropecuária Catarinense**, v. 5, p. 44-48, 1992.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 90 de 16 de março de 2004**. Dispõe sobre o Guia para os estudos de toxicidade de medicamentos fitoterápicos. DOU. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de março de 2004. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 18 de outubro de 2014.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of Iron-binding Phenolic groups in Foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 128-131, 1991.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**, Ed. Acribia, SA: Espanha, 1991, 594 p.

BUZZINI, P.; ARAPITSAS, P.; GORETTI, M.; BRANDA, E.; TURCHETTI, B.; PINELLI, P.; IERI, F.; ROMANI, A. Antimicrobial and antiviral activity of hydrolysable tannins. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 8, n.12, p. 1179-1187, 2008.

CASTRO, J. A. Toxicologia básica: mecanismos de toxicidade y sus aplicaciones. **Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana**, v.2, p.197-206, 1993.

CLEMENT, C. R, Domestication of the Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*): Past and Present In The palm – Tree of Life: Biology, Utilization and Conservation. **Advances in Economic Botany**, New York, v. 6 p. 155-174, 1988.

COSTA, A. F. **Fármacos com Heterósidos. In: Farmacognosia**. 3. ed. Lisboa: Ed. Gulbekian, 2001. v. 3, cap. 13, p. 700-701.

CREA, P.; ROBERTIS, A.; STEFANO, C.; SAMMARTANO, S. Speciation of phytate ion in aqueous solution. Sequestration of magnesium and calcium by phytate at different temperatures and ionic strengths in NaCl. **Biophysical Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 18-26, 2006.

DEL PINO, V. H.; LAJOLO, F. M. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 49-53, 2003.

DYKES, L.; ROONEY, L. W. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. **Cereal Foods World**, v. 52, p. 105-111, 2007.

FIALHO, E.T., PINTO, H. Embrapa - Utilização de sorgo em rações para suínos e aves. **Circular técnica**, Concórdia, v. 16, p. 4-19, 1992.

FORTINI, J.; DESMETTRE, T.; MANZON, C.; JUDIC-PEUREUX, V. et al. Cyanide poisoning and cardiac disorders: 161 cases. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 38, n.4, pp. 467-476, 2010.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M. ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à Bioquímica Clínica Animal**. Gráfica de Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003. 198p

HASLAM, E.; LILLEY, T.H. Natural astringency in foodstuffs: a molecular interpretation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 1-40, 1988.

HEIL, M.; BAUMANN, B.; ANDARY, C.; LINSENMAYER, K. E.; MCKEY, D. Extraction and quantification of "condensed tannins" as a measure of plant anti-herbivore defence? Revisiting an old problem. **Naturwissenschaften**, v, 89, n. 11, p. 519-524, 2002.

HELDT, H. **Plant Biochemistry and Molecular Biology**. University Press, Oxford, 1997. 297p

HODGSON, E. **A textbook of modern toxicology**. 3 ed. Stamford, Connecticut: Appleton e Lange, 2004, 496p.

HSU, H. W.; VAVAK, D. L.; SATTERLEE, L. D.; MILLER, G. A. A multi-enzyme technique for estimating protein quality. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 5, p. 1269–1273, 1977.

HURST, E. **Poisonous plants of New South Wales**. Plants Committee, New South Wales., 1942. 342p.

KHATTAB, R.; ESKIN, M.; ALIANI, M.; THIYAM, U. Determination of sinapic acid derivatives in canola extracts using high-performance liquid chromatography. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v. 87, p. 147–55. 2010.

KOLECKAR, V.; KUBIKOVA, K.; REHAKOVA, Z.; KUCA, K.; JUN, D.; JAHODAR, L.; OPLETAL, L. Condensed and hydrolysable tannins as antioxidants influencing the health. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 8, p. 436-447, 2008.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Molecular and catalytic properties of phytate degrading enzymes (phytases). **International Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 37, n. 7, p. 791-812, 2002.

KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review. **Food Chemistry**, Barking, v.120, p.945-959, 2010.

LATTA, M.; ESKIN, M. A. Simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Barking, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementations. **Bioresource Technology**, Essex, v. 87, p. 167-198, 2003.

LEE G. LUNA. **Manual of Histologic Staining Methods ; of the Armed Forces Institute of Pathology**. Blakiston Division, McGraw-Hill, 1968 , p.258.

LEE, S.; INGLETT, G. E. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, p. 553–9, 2006.

LESTIENNE, I.; CAPORICCIO, B.; BESANCON, P.; ROCHETTE, I.; TRECHE, S. Relative contribution of phytates, fibers, and tannins to low iron and zinc in vitro solubility in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and grain fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Barking, v. 53, p. 8342-8348, 2005.

LIU, Q. **Understanding starches and their role in food.** In:___ CUI, S. Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications, p. 309-349, New York: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2005.

LOPEZ, H. W.; LEENHARDT, F.; COUNDRAY, C.; REMESY, C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? **International Journal of Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 37, p. 727-739, 2002.

MALONE, M. H.; ROBICHAUD, R. C. A Hippocratic screen for pure or crude drug materials. *Lloydia*. v. 25, p. 320-332, 1962.

MALONE, M. H.; ROBICHAUD, R. C. The pharmacological evaluation of natura products - General and specific approaches to screening ethnopharmaceuticals. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 8, p. 127-147, 1983.

MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; IBÁÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Venezuela, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Venezuela, v. 50, n. 1, p. 5-18, 2000.

MIDIO, A.F.; MARTINS, I.S. **Toxicologia de alimentos.** São Paulo: Varela, 2000. 295p.
MIURA, E. M. Y.; RUI, S. S. F. S.; MIZUBUTI, I. Y.; IDA, E. I. Cinética de Inativação de Inibidores de Tripsina e de Insolubilização de Proteínas de Diferentes Cultivares de Soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.5, p.1659-1665, 2005.

NACZK, M.; AMAROWICZ, R.; SULLIVAN, A.; SHAHIDI, F. Current research developments on molyphenolics of rapeseed/canola: a review. **Food Chemistry**, Barking, v. 62, p. 489-502, 1998.

NIEHS (**Niehs Handbook for investigators and technicians, do National Institute of Environmental Health Sciences**). 2011. Disponível em: <<http://www.niehs.nih.gov>>. Acesso em 27 de outubro de 2014.

OECD (Organization for economic co-operation and development). **Guideline for Testing of Chemicals: Acute Oral Toxicity-Acute Toxic Class Method.** Guideline: 407, 1995.

OECD (Organization for economic co-operation and development). **Guideline for Testing of Chemicals: Acute Oral Toxicity-Acute Toxic Class Method.** Guideline: 423, 2001.

OELRICHS, P. B.; HILL, M. W.; VALLEY, P. J.; MACLEOD, J. K.; MOLINSKI, T. F. The chemistry and pathology of meliatoxins A and B constituents from the fruit of *Melia azedarach* L. var. *australasica*. In:___ SEAWRIGHT, A. A.; HEGARTY, M. P.; JAMES L.F. **Plant Toxicology.** Queensland Poisonous Committee, Yeerongpilly, 1985. p. 387-394

PADMAJA, G. Cyanide detoxification in cassava for food and feed uses. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.4, p.2999-339. 1995.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Chile, v.2, n.1, p.118-127, 2007.

PINTO, G. A. S.; COURI, S.; LEITE, S. G. F.; BRITO, E. S. Tanase: Conceitos, Produção e Aplicação. **Boletim CEPPA**. v. 23, p. 435-62, 2005.

QUEIROZ; E. R. ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. M.; SIMÃO, A. A. Composição química e fitoquímica das farinhas da casca e da semente de lichias (*Litchi chinensis Sonn*) cultivar 'Bengal'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.329-334, 2015.

RABOY, V. Seeds for a better future: Low phytate grains to help overcome malnutrition and reduce pollution. **Trends in Plant Science**, v. 6, p. 458-462, 2001.

RAHMA. E. H. Chemical characterization of peach kernel oil and protein: functional properties, *in vitro* digestibility and amino acids profile of the flour. **Food Chemistry**, Barking, v. 28, p. 31-43, 1988.

RAMALHO, R. T.; AYDOS, R. D; CEREDA, M. P.. Evaluation of acetone cyanohydrin effect in "in vitro" inactivation of the Ehrlich ascites tumor cells. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 25 n.1, São Paulo, 2010.

RICKARD, S. E.; THOMPSON, L. U. **Interactions and biological effects of phytic acid**. In: __ SHAIDI, F. Antinutrients and Phytochemicals in Food. Washington, Division of Agricultural and Food Chemistry. American Society. 1997, 312 p.

SHAMSUDDIN, A. M. Anti-cancer function of phytic acid. **International Journal of Food Science & Technology**, Trivandrum, v. 37, p. 769-782, 2002.

SIDDHURAJU, P.; OSONIYI, O.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Effect of soaking and ionising radiation on various antinutritional factors of seeds from different species of an unconventional legume, *Sesbania* and a common legume, green gram (*Vigna radiata*). **Food Chemistry**, Barking, v. 79, p. 273-281, 2002.

SIMAS, K.N.; VIEIRA, L. N.; PODESTÁ, R.; VIEIRA, M.A.; ROCKENBACH, I. I.; PETKOWICZ, C. L. O.; MEDEIROS, J. D.; FRANCISCO, A.; AMANTE, E.; AMBONI, R. D. M. C. Microstructure, nutrient composition and antioxidant capacity of king palm flour: a new potential source of dietary fibre. **Bioresource Technology**, New York, v.101, p. 5701-5707, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Florianópolis, Editora da UFSC, 2000, p. 1104.

THOMPSON, L. U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International**, Ottawa, v. 26, n. 2. P. 131-149, 1993.

TUROLLA, M. S. R.; NASCIMENTO, E. S. Informações toxicológicas de alguns fitoterápicos utilizados no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Goiânia, v.42, n.2, p.289-306, 2006.

ULLAH, A.; SHAMSUDDIN, A. M. Dose-dependent inhibition of large intestinal cancer by inositol hexaphosphate in F344 rats. **Carcinogenesis**, v. 43, p. 2219-2222, 1990.

VILLELA, G. G.; BACILA, M. ; TASTALDI, H. **Técnicas e Experimentos de Bioquímica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1973. 552p.

WELCH, R. M. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Barking, v. 48, n. 8, p. 3576-3580, 2000.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides**. Geneva, World Health Organization, 2005.

WISE A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 53, p. 791-806, 1983.

YEN, D.; TSAI, J.; WANG, L. M. The clinical experience of acute cyanide poisoning. **The American Journal of Emergency Medicine**, v. 13, n. 5, p. 524-528, 1995.

YOKOZAWA, T.; CHEN, C. P.; DONG, E.; TANAKA, T.; NONAKA, G. I.; NISHIOKA, L. Study on the inhibitory effect of tannins and flavonoids against the 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. **Biochemical Pharmacology**, v.56, n.2, p.213-222, 1998.

YOON, J. H.; THOMPSON, L. U.; JENKINS, D. J. A. The effect of phytic acid on invitro rate of starch digestibility and blood glucose response. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 38, p. 835-842, 1983.