

PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS DE AMÊNDOAS DA MUNGUBA (*Pachira aquatica* Aubl.)

BERNADETE DE LOURDES DE ARAÚJO SILVA²,
CLAUDIA CARNEIRO DE AZEVEDO³,
FÁTIMA DE LOURDES ASSUNÇÃO ARAÚJO AZEVEDO⁴

RESUMO - A semente da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) contém amêndoas que exibem um conteúdo excelente de óleo e um percentual significativo em proteínas. Propositou-se determinar algumas propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da munguba com o objetivo de instituir sua utilização na indústria de alimentos. O teor lipídico foi de 46,62%, o proteico de 13,75% e na forma de torta apresentou um índice de 28,27% de proteínas. Obtiveram-se dois isolados proteicos, o IP 2,0 e o IP 10,0, decorrentes de duas condições de pH (2,0 e 10,0). Na obtenção dos isolados proteicos, os índices em proteínas extraídas foram de 38,52% para o IP 2,0 e 82,06% para o IP 10,0. Os índices de proteínas recuperadas através da precipitação isoelétrica foram de 23,35% para o IP 2,0 e de 70,94% para o IP 10,0, em pH 5,0. As propriedades funcionais exibiram solubilidade mínima em pH 5,0, no ponto isoelétrico (pI), sendo mais elevada em pH ácido e alcalino do pI. As melhores capacidades de absorção de água e de óleo exibidas foram para o IP 10,0. As propriedades emulsificantes foram dependentes do pH para os dois isolados, e o IP 10,0 indicou melhores resultados. As propriedades funcionais estudadas permitem o emprego dos isolados proteicos em produtos alimentícios que requerem alta solubilidade, tais como os produtos de panificação, massas em geral, sopas desidratadas e molhos, produtos que exigem desempenho na absorção do óleo, como as carnes simuladas, e em produtos que requerem poderes emulsificantes.

Termos para indexação: munguba, proteína, isolado proteico, propriedades funcionais.

FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROTEINS FROM ALMONDS OF THE GUIANA-CHESTNUT (*Pachira aquatica* Aubl.)

ABSTRACT - Seeds of the Guiana-chestnut (*Pachira aquatica* Aubl.) contain almonds with excellent oil content and a significant percentage of proteins. The aim of this study was to determine some properties of proteins from Guiana-chestnut almonds in order to propose its use in the food industry. The content of lipids was of 46.62%, of proteins 13.75%, and in the form of cake, it has showed a protein rate of 28.27%. Two protein isolates were obtained, IP 2.0 and IP 10.0, resulting from two pH conditions (2.0 and 10.0). To obtain the protein isolates, the contents of extracted proteins were of 38.52% for IP 2.0 and of 82.06% for IP 10.0. The rates of proteins recovered by isoelectric precipitation were of 23.35% for IP 2.0 and of 70.94% for PI 10.0 at pH 5.0. The functional properties exhibited minimum solubility at isoelectric point pH 5.0, being higher at acidic and alkaline isoelectric point pH. The best water and oil absorption capacities were for IP 10.0. The emulsifying properties were dependent on pH for both isolates, and PI 10.0 showed better results. The functional properties studied allow the use of protein isolates in food products that require high solubility such as bakery products, pasta in general, dehydrated soups and sauces; products that require high performance in oil absorption such as simulated meat; and products that require emulsifying power.

Index terms: Guiana-chestnut, protein, protein isolate, functional properties.

¹(Trabalho 065-14). Recebido em: 13-02-2014. Aceito para publicação em: 15-08-2014.

²Nutricionista, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: bernnaraujo@gmail.com

³Farmacêutica, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: claudia_azevedo7@yahoo.com.br

⁴Química Industrial, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: fatimazevedo@gmail.com

INTRODUÇÃO

As proteínas vegetais são usadas nos alimentos como substâncias funcionais para melhorar a estabilidade e a textura, assim como a qualidade nutritiva do produto (MAKRI et al., 2005).

Propriedades funcionais de proteínas são importantes no processamento e na formulação do produto, uma vez que afetam a aceitação do consumidor. Algumas delas atuam na capacidade de absorção de água e de óleo, na emulsificação, na capacidade de formação de espuma e de geleificação. Essas propriedades dependem de características físico-químicas das proteínas, incluindo fatores, tais como peso molecular, composição de aminoácidos, carga líquida e hidrofobicidade (RODRIGUES et al., 2012). Com base nessas propriedades, a proteína específica é selecionada para ser usada em um determinado alimento e dependerá de sua função exigida no produto final (CHEL-GUERREIRO et al., 2002).

A disponibilidade, o custo e os fatores de risco, associados a doenças de fontes de proteína de origem animal, fazem com que os nutricionistas considerem as fontes de proteínas vegetais alternativas para preparação humana e matéria-prima. Nos últimos anos, muitas plantas têm atraído um grande interesse científico como fontes de proteínas de baixo custo para suplementar dietas humanas (YUN et al., 2005).

Pachira aquática Aublet (família Bombacaceae), vulgarmente conhecida como munguba, castanheira-do-maranhão, castanheira, cacau-selvagem, é uma árvore nativa do sul do México até o norte da América do Sul, na área compreendida pela floresta amazônica, onde pode ser encontrada frequentemente em terrenos alagadiços e matas ciliares; entretanto, apresenta a característica de facilmente adaptar-se às condições edáficas e climáticas diversas (PEIXOTO; ESCUDEIRO, 2002).

A munguba já tem sido assunto de vários estudos por pesquisadores, porém é pouco utilizada pelos brasileiros, não sendo reconhecida ainda como uma espécie de importância para a exploração econômica. Assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar algumas propriedades funcionais em dois isolados proteicos das amêndoas da munguba, estabelecendo seu potencial como ingrediente funcional na indústria de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

As sementes da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) *in natura* foram descascadas e suas amêndoas levadas em estufa a 40° C por 24 horas, seguidas de trituração em liquidificador doméstico e tamisação em malha de 48 mesh. A farinha foi desengordurada com hexano em aparelho de Soxhlet.

Componentes Centesimais

As determinações de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos foram realizadas seguindo a metodologia da AOAC (2005). O conteúdo de carboidratos totais, incluindo fibras, foi calculado por diferença de 100, inserindo o teor de fibras com a soma dos demais componentes.

Obtenção dos Isolados Proteicos

Dois isolados proteicos (IP 2,0) e (IP 10,0) foram obtidos em duas condições de pH, o (2,0) e o (10,0), respectivamente. Os isolados proteicos foram adquiridos a partir da farinha desengordurada, à qual se adicionou água destilada na proporção de 1:20, pH equilibrado em 2 (IP 2,0) com HCl 1,0 N e em 10 (IP 10,0) com NaOH 0,1 N, seguido de agitação por 3 horas, a 5° C. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 5.000 x G a 5° C por 30 minutos e filtradas, medindo-se o volume obtido. Duas reextrações foram feitas a partir do mesmo resíduo e sob as mesmas condições, obtendo-se mais dois sobrenadantes, que tiveram seus volumes determinados. Retirou-se uma alíquota de 1 mL para determinação de proteínas solúveis pela metodologia de Kjeldahl (AOAC, 2005). Juntou-se o conteúdo dos sobrenadantes, o pH foi ajustado para 4,5, para precipitação de proteínas. Centrifugou-se a 5.000 x G a 5° C durante 30 minutos, obtendo-se um novo extrato. Os sobrenadantes resultantes da extração foram combinados, e o pH ajustado novamente para pH 4,5. Este volume foi medido, e determinado o teor de proteínas por Kjeldahl (AOAC, 2005). O precipitado final foi congelado e seguido de liofilização para posteriores análises das propriedades funcionais.

Propriedades Funcionais das Proteínas Solubilidade

Para a determinação da solubilidade, utilizou-se da metodologia de Bera e Mukherjee (1989) com modificações. As amostras dos isolados proteicos, equivalentes a 0,1 g em proteínas, foram dispersas em 20 mL de água destilada e equilibradas em pH de 2,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0 e 10,0, com HCl 1,0N e NaOH 1,0N, sob agitação contínua, em agitador magnético, na temperatura ambiente. As proteínas

solúveis foram quantificadas pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2005).

Capacidade de Absorção de Água e de Óleo

A capacidade de absorção de água foi analisada pela metodologia de Bencini (1986) com modificações. As amostras equivalentes a 0,25 g em proteínas foram pesadas em tubos de centrifuga graduados, e um volume de 2,5 mL de água destilada foi acrescentado. Os tubos foram centrifugados a 2.750 x G durante 10 min. Os volumes dos sobrenadantes resultantes foram medidos, e o resultado expresso em mL de água/g proteínas foi medido após a correção de proteínas solúveis.

A capacidade de absorção de óleo foi determinada segundo o método de Lin e Zayas (1987). As amostras equivalentes a 0,25 g em proteínas foram pesadas em tubos de centrifuga graduados e um volume de 2,5 mL de óleo de soja (marca SOYA, BUNGE ALIMENTOS S. A.), densidade de 0,923g/mL a 25°C, foi acrescentado. Os tubos contendo as amostras foram centrifugados em separado a 2.750 x G por 25 min. Os volumes dos sobrenadantes resultantes foram medidos, e o resultado expresso em mL de óleo/g proteínas.

Capacidade Emulsificante

Seguiu-se a metodologia de Weeb et al. (1970), Kato et al. (1985) e Hung e Zayas (1991). Quantidades equivalentes a 1,0 mg dos isolados proteicos por mL de água destilada foram submetidas a postas sob agitação contínua em agitador magnético, em temperatura ambiente. O pH foi ajustado para valores de 2,0; 4,0; 5,0, 6,0 e 8,0 e, após o equilíbrio ser atingido, prolongou-se o tempo de agitação por 30 minutos. Volumes de 50 mL das dispersões foram transferidos para o béquer de 250 mL, equipado com eletrodos, conectado a um multímetro para registro de corrente elétrica. Em seguida, as dispersões foram agitadas a 10.000 x G com óleo de soja adicionado em fluxo contínuo de um balão de separação graduado. A quantidade de óleo necessário para que ocorra a inversão da emulsão, foi mensurada a partir do volume acusado no registrador por queda brusca na corrente elétrica, sendo esta medida utilizada para a determinação do volume de óleo necessário para promover a emulsificação, e este, expresso em mL óleo/100 mg proteínas.

Atividade e Estabilidade de Emulsão

A atividade e a estabilidade de emulsão foram determinadas segundo o método de Nath e Rao (1981) com modificações. Dispersões dos isolados proteicos equivalentes a 0,5 g de proteínas em 20 mL de água destilada foram agitadas em agitador magnético,

na temperatura ambiente, e o pH foi ajustado para valores de 2,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 8,0. Adicionaram-se 20,0 mL de óleo de soja às dispersões, e a emulsão formada a 10.000 x G durante 1 min de agitação foi transferida rapidamente para tubos de centrifuga, sendo centrifugados a 1.388 rpm durante 15 min. O resultado da atividade de emulsão (AE) foi expresso como percentual de emulsão formada no volume total (Equação 1), e a estabilidade da emulsão, determinada após aquecimento da mesma a 80°C por 30 minutos, seguida de resfriamento em gelo por 15 min e centrifugação a 1.388 x G por 15 minutos.

O resultado da atividade de emulsão (AE) foi expresso como percentual de emulsão formada no volume total, através da equação:

$$A.E\% = \left[\frac{\text{Altura da camada emulsionada}}{\text{Altura da camada total}} \right] \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

Análise Estatística

Foi aplicada a estatística descritiva e atribuiu-se a análise do teste “t de Student”, “ao nível de 5% de significância, para a comparação entre as médias obtidas. As análises foram realizadas pelo Programa SPSS 14.0 for Windows Evaluation Version 2, e os dados foram expressos em forma de tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição Centesimal

A Tabela 1 apresenta a composição centesimal das amêndoas da munguba. O alto conteúdo de lipídeos e proteínas é a razão maior de as sementes oleaginosas terem vasta aplicação em sistemas alimentícios manufaturados ou por serem utilizadas diretamente na alimentação humana e animal (CAVALCANTI et al., 2009).

Estudos realizados por Oliveira et al. (2000) detectaram para as amêndoas da munguba valores superiores em lipídeos (53,9%) e umidade (6,0%), inferior em cinza (3,5%) e semelhantes para proteína (12,9%) e carboidratos (29,7%). Jorge e Luzia (2012), ao estudarem a caracterização do óleo das sementes de munguba para aproveitamento alimentar, encontraram valores de 38,39% para o teor lipídico e 11,86% para o proteico, respectivamente. As variações nos componentes centesimais podem ser decorrentes das condições de clima, maturação e de semente da espécie (JORGE; LUZIA, 2012).

O óleo bruto da munguba apresentou-se com uma coloração amarela de baixa intensidade, odor peculiar a sua origem e consistência líquida após a recuperação do solvente.

Rendimento dos Isolados Proteicos

Os índices de rendimento na extração e na precipitação verificados no processo de obtenção dos isolados proteicos de amêndoas da munguba constam na Tabela 2.

A partir da farinha desengordurada, 38,52% das proteínas da munguba no IP 2,0 foram extraídas, e 23,35% foram precipitadas em relação ao conteúdo proteico da amostra inicial, e o precipitado recuperado por centrifugação resultou num isolado com 78,66% de proteína.

Para o IP 10,0, 82,06% de proteínas foram extraídas e 70,94% foram precipitadas, e o precipitado recuperado resultou num isolado com 92,18% de proteína, sendo, portanto, a forma mais viável de extração nesse pH. Esta condição observada foi superior para as sementes de feijão-caupi (71,0-86,0%) (MUNE et al., 2014) e de castanha de caju (78,8%) (QUEIROGA NETO et al., 2001). O índice de extração do IP 2,0 (38,52%) foi comparável ao isolado proteico da semente de goiaba (37%) (FONTANARI et al., 2007) e inferior para as amêndoas da macadâmia em pH 2,0 de extração (51,80%) (BORA; RIBEIRO, 2004).

Esses índices revelam a pureza em proteínas dos isolados proteicos, sendo usados para o cálculo da quantidade de isolado a ser utilizado na determinação das propriedades funcionais.

Propriedades Funcionais

Solubilidade

Verifica-se, na Tabela 3, que os isolados proteicos exibiram solubilidade mínima em pH 5,0, no ponto isoeletrico dessa oleaginosa, e máxima em pH 2,0 (lado ácido) e pH 10,0 (lado alcalino) deste ponto, porém típico das proteínas vegetais que adquirem maior solubilidade nas fases ácida e alcalina da molécula proteica.

O índice de solubilidade de uma molécula proteica proporciona um indício sobre tipos de alimentos e bebidas onde a proteína poderia ser inserida.

Estatisticamente, os isolados proteicos apresentaram-se diferentes em todos os pHs analisados. Esse perfil de solubilidade foi encontrado para as sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) (CARVALHO et al., 2006), que exibiram solubilidade mínima na faixa entre pHs 3,0 e 5,0 (~ 10%), sendo superiores no lado ácido pH 2,0 (~ 50%) e alcalino em pH 10,0 (~ 90%). Ramos e Bora (2003), estudando as propriedades funcionais da castanha-do-pará, atingiram ponto isoeletrico em pH 5,0 com um índice de proteínas solúveis de 0,94% e maior solubilidade em pH 2,0 (77,71%) e pH 12,0

(87,15%). Ponto isoeletrico em pH 5,0 com um índice de 4,7% de proteínas solúveis foi encontrado para o farelo de aveia (GUAN et al., 2006) com solubilidade máxima em pH 9,0 com 83,2% de proteínas solúveis. Estudos realizados por Kumar et al. (2014) em *Kappaphycus alvarezzi* (Doty), uma espécie de macroalga vermelha, detectaram solubilidade de 33,72%, alcançando ponto isoeletrico em pH 4,0, apresentando aumento gradual de solubilidade na faixa de pH de 8 a 12.

A solubilidade mínima das proteínas ocorre nas proximidades do pH isoeletrico. Elas apresentam solubilidade mínima, usualmente em pH 4-5 (pH isoeletrico).

Capacidade de Absorção de Água e de Óleo

A capacidade de absorção de água do IP 2,0 obteve valor de 1,25 mL H₂O/g proteína e do IP 10,0 atingiu 1,52 mL H₂O/g de proteína, apresentando diferença significativa (p<0,05). A capacidade de absorção de água que as proteínas ou alimentos proteicos possuem está relacionada com a interação proteína-água; com isso, a maior ou menor afinidade entre proteína e água está diretamente ligada à textura, viscosidade, geleificação e emulsificação.

Os valores encontrados para a capacidade de absorção de óleo do IP 2,0 (1,77 mL óleo/g de proteína), em comparação com o IP 10,0 (2,46 mL óleo/g de proteína), também diferiram significativamente (p<0,05). A alta capacidade de retenção de óleo é desejável para uso na indústria de carnes frias, particularmente para salsichas, onde a proteína pode preencher a gordura e a água nestes produtos (OGUNWOLU et al., 2009).

Em sistemas alimentares, boas interações de água e óleo com proteínas são fundamentais, pois isso afetaria indiretamente o sabor e a textura dos alimentos. Entretanto, os métodos de processamento de alimentos têm importantes impactos sobre a conformação da proteína e a hidrofobicidade (KUMAR et al., 2014).

Capacidade Emulsificante

As capacidades emulsificantes dos isolados proteicos IP 2,0 e IP 10,0 foram dependentes do pH e notou-se menor capacidade de emulsificação no ponto isoeletrico (5,0), sendo maior nos lados ácido e alcalino desse ponto.

As capacidades emulsificantes dos isolados proteicos IP 2,0 e IP 10,0, em função do pH, estão representadas na Tabela 4.

Para os dois isolados (IP 2,0 e IP10,0), a capacidade emulsificante foi maior em pH 8,0. Para o IP 10,0, foi de 100,32 mL óleo/100 mg de

proteína, e para o IP 2,0, foi de 94,78 mL óleo/100 mg de proteína, diferindo estatisticamente entre si ($p < 0,05$). No entanto, em pH 2,0, foi verificada uma capacidade de 78,18 mL óleo/100 mg de proteína para o IP 10,0, e de 65,14 mL óleo/100 mg de proteína para o IP 2,0, e também apresentando significância quanto à diferença nos resultados ($p < 0,05$). A maior capacidade emulsificante foi verificada pelo IP 10,0 (100,32 mL óleo/100 mg de proteína) em pH 8,0, e a menor foi para o IP 2,0 (25,13 mL óleo/100 mg de proteína) em pH 5,0. Estes valores mostraram-se superiores a *K. alvarezzi* (Doty) com 38 mL/óleo/100 mg de proteína em pH 4,0 (KUMAR et al., 2014) e *Enteromorpha compressa* com 55 mL óleo/100 mg de proteína em pH 14,0 (GANESAN et al., 2012).

As propriedades emulsificantes de uma proteína não dependem somente da solubilidade, mas também do balanço hidrofílico de cada proteína (EL NARSI; EL TINAY, 2007).

Atividade e Estabilidade de Emulsão

A atividade e a estabilidade de emulsão dos isolados proteicos IP 2,0 e IP 10,0 foram dependentes do pH, como mostra a Tabela 5.

A menor atividade e a menor estabilidade de emulsão dos isolados proteicos foram observadas em pH 5,0, atribuídas ao fato de as proteínas dos isolados estarem na faixa de pH isoeletrico. No entanto, foi

observada maior atividade e estabilidade de emulsão em pHs 2,0 e 8,0, em que acontece maior solubilidade das proteínas, onde as forças repulsivas eletrostáticas e o balanço de forças atrativas de Van der Waals contribuem com essa propriedade.

A AE não diferiu estatisticamente da EE nos isolados proteicos avaliados, com exceção do IP 2,0 em pH 4,0 e de IP 10,0 em pH 6,0, onde a atividade de emulsão foi superior à EE.

No IP 2,0, em pH 5,0, no ponto isoeletrico, a AE foi de 5,38% e a EE de 5,01%; já em pH 8,0, um percentual de 56,45% para AE e de 55,42% para a EE foram observados. Estes resultados, de acordo com a Tabela 5, não se diferenciam estatisticamente ($p < 0,05$).

O IP 10,0, em pH 2,0, exibiu uma AE de 54,84% e uma EE de 53,27%; logo, em pH 5,0 no ponto isoeletrico, a AE foi de 6,45% e a EE de 5,97%, respectivamente. Em pH 8,0, verificou-se um percentual de 58,54% para AE e de 57,93% para EE, não diferindo estatisticamente ($p < 0,05$).

Comportamentos semelhantes para a atividade e a estabilidade de emulsão foram encontrados para as amêndoas de macadâmia (BORA; RIBEIRO, 2004), sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) (CARVALHO et al., 2006) e sementes de goiaba (*Psidium guajava*) (FONTANARI et al., 2007).

TABELA 1 – Composição centesimal de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.).

Componentes	Teor (%)
Umidade	5,53±0,09
Cinza	4,89±0,09
Lipídeos	46,62±0,85
Proteínas (N x 6,25)	13,75±0,46
Carboidratos *	29,20

*Carboidratos por diferença (100 menos o somatório dos demais componentes). Resultados das análises com média e desvio-padrão de cinco repetições.

TABELA 2 – Extração e recuperação de proteínas na obtenção dos isolados proteicos de 100 g da farinha desengordurada de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.).

	ISOLADO PROTEICO			
	IP 2,0		IP 10,0	
	Massa (g)	(%)	Massa (g)	(%)
Proteína Total na Farinha Desengordurada (N x 6,25)	28,27±0,25a	100	28,27±0,25a	100
Proteína Extraída	10,89±0,60a	38,52	23,20±0,55b	82,06
Precipitação Isoeletrica	6,60±0,20a	23,35	20,05±0,93b	70,94
Proteína não Precipitada	4,30±0,69a	15,17	3,14±0,20b	11,12
Proteína não Extraída	17,38±0,66a	61,48	5,07±0,58b	17,94

Resultados das análises com média e desvio-padrão de cinco repetições. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente, de acordo com o teste t-student, ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: IP 2,0 – isolado proteico em pH 2,0; IP 10,0 – isolado proteico em pH 10,0.

TABELA 3 – Percentual de proteínas solúveis (g/100 g) dos isolados proteicos (IP 2,0) e (IP 10,0) de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) em diferentes níveis de pH.

pH DA SUSPENSÃO	IP 2,0	IP 10,0
2,0	54,00±1,00a	67,00±0,50b
4,0	21,75±0,52a	31,96±1,00b
5,0	15,10±0,35a	17,60±0,82b
6,0	25,90±0,70a	27,40±0,16b
8,0	45,20±0,92a	48,10±0,96b
10,0	75,60±0,86a	78,90±0,69b

Resultados das análises com média e desvio-padrão de três repetições. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente, de acordo com o teste t-student, ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: IP 2,0 – isolado proteico em pH 2,0; IP 10,0 – isolado proteico em pH 10,0.

TABELA 4 – Capacidade emulsificante dos isolados proteicos de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) em diferentes níveis de pH, expressa em mL de óleo/100 mg de proteína.

pH DA SUSPENSÃO	IP 2,0	IP 10,0
2,0	65,14±0,03a	78,18±0,27b
4,0	44,97±0,02a	48,47±0,16b
5,0	25,13±0,02a	31,86±0,32b
6,0	60,48±0,52a	65,48±0,45b
8,0	94,78±0,56a	100,32±0,10b

Resultados das análises com média e desvio-padrão de três repetições. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente, de acordo com o teste t-student, ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: IP 2,0 – isolado proteico em pH 2,0; IP 10,0 – isolado proteico em pH 10,0.

TABELA 5 – Atividade e estabilidade de emulsão dos isolados proteicos de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) em diferentes níveis de pH.

ISOLADOS PROTEICOS	pH DA SUSPENSÃO	ATIVIDADE DE EMULSÃO % (AE)	ESTABILIDADE EMULSÃO (%) (EE)
IP 2,0	2,0	40,05±0,05a	39,00±0,50a
	4,0	29,66±0,28a	27,50±0,50b
	5,0	5,38±0,54a	5,01±0,77a
	6,0	36,48±0,47a	35,65±0,58a
	8,0	56,45±0,13a	55,42±0,39a
IP 10,0	2,0	54,84±0,26b	53,27±0,24b
	4,0	36,60±0,79b	35,70±0,26b
	5,0	6,45±0,37b	5,97±0,17b
	6,0	47,49±1,00b	45,26±0,25a
	8,0	58,54±0,26b	57,93±0,2b

Resultados das análises com média e desvio-padrão de três repetições. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente, de acordo com o teste t-student, ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: IP 2,0 – isolado proteico em pH 2,0; IP 10,0 – isolado proteico em pH 10,0.

CONCLUSÕES

As sementes de *Pachira aquatica* Aubl. mostraram-se promissoras quanto ao teor lipídico e proteico, constituindo-se como fonte para a exploração econômica.

O melhor rendimento da extração dos isolados proteicos foi para o IP 10,0, portanto, a forma mais viável de extração, confirmando sua *performance* na funcionalidade proteica ao confrontar-se com o IP 2,0.

O índice de solubilidade mais apropriado foi observado para o IP 10,0, indicando o uso em produtos de panificação, massas em geral, bebidas, sopas desidratadas, molhos e alimentos semissólidos. Quanto às CAAs e à CAO, estas foram melhores no IP 10,0 e apenas de absorção de óleo no IP 2,0, beneficiando a aplicação em carnes simuladas, salsichas, linguiças, patês, massas e bolos. No que se refere às propriedades emulsificantes, o IP 10,0 também apresentou os melhores resultados, porém mais conveniente o uso em alimentos com elevado poder de emulsificação, tipo maionese, e em emulsões cárneas, como também seu uso em sorvetes.

Sugerem-se, então, estudos posteriores no sentido de aplicar a funcionalidade desses isolados proteicos em sistemas alimentares.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e ao CNPQ, pela colaboração para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, 2005.
- BENCINI, M. C. Functional properties of drum dried chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, n.6, p.1518-1526, 1986.
- BERA, M. B.; MUKHERJEE, R. K. Solubility, emulsifying, and foaming properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, p.142-145, 1989.
- BORA, P. S.; RIBEIRO, D. Influence of pH on the extraction yield and functional properties of macadamia (*Macadamia integrifolia*) protein isolates. **Food Science and Technology International**, London, v.10, n.4, p.263-267, 2004.
- CARVALHO, A. V.; GARCIA, N. H. P.; FARFAN, A. J. Physico-chemical properties of the flour, protein concentrate, and protein isolate of the cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum) seed. **Journal of Food Science**, Chicago, v.71, n.8, p.573-578, 2006.
- CAVALCANTI, M. T.; BORA, P. S.; CARVAJAL, J. C. L. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidoscylus phyllacanthus* (Mart.) Pax. Et K. Hoffm.) com e sem espinhos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3 p.597-602, 2009.
- CHEL-GUERRERO, L.; PÉREZ-FLORES, V.; BETANCUR-ANCONA, D.; DÁVILA-ORTIZ, G. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n.3, p.584-591, 2002.
- EL NASRI, N. A.; EL TINAY, A. H. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. **Food Chemistry**, London, v.103, p.582-589, 2007.
- FONTANARI, G. G.; JACON, M. C.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, F.L.; NEVES, V.A.; BATISTUTI, J.P. 2007. Isolado proteico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p.73-79, 2007.
- GANESAN, K.; KUMAR, K. S.; SUBBA RAO, P. V. Salt and pH induced functional changes in protein concentrate of edible green seaweed *Enteromorpha* species. **Fisheries Science**, Tokyo, v.78, p.169-176, 2012.
- GUAN, X.; YAO, H.; CHEN, Z.; SHAN, L.; ZHANG, M. Some functional properties of oat bran protein concentrate modified by trypsin. **Food Chemistry**, London, v. 101, n.1, p.163-170, 2006.
- HUNG, C. R.; ZAYAS, J. F. Water retention and solubility of soy proteins and corn germ proteins in a model system. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n.2, p. 455-458, 1991.
- JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n.1, p.149-156, 2012.

- KATO, A.; TAKAHASHI A.; MATSUDOMI, N.; KOBAYASHI, K. Determination of emulsifying properties of some proteins by conductivity measurements. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.1, p.50-62, 1985.
- KUMAR, K.S.; GANESAN, K.; SELVARAJ, K.; SUBBA RAO, P. V. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) - An edible seaweed. **Food Chemistry**, London, v.153 p.353-360, 2014.
- LIN, C. S.; ZAYAS, J. F. Functionality of defatted corn germ protein in a model system: fat binding capacity and water retention. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.5, p.1308-1311, 1987.
- MAKRI, E.; PAPALAMPROU, E.; DOXASTAKIS, G. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, Netherlands, v.19, p.583-594, 2005.
- MUNE, M.A.M.; MINKA, S.R.; MBOME, I.L. Optimizing functional properties during preparation of cowpea protein concentrate. **Food Chemistry**, London, v.154, p.32-37, 2014. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.108>, 2014
- NATH, J. P.; RAO, M. S. N. Functional properties of guar proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v.46, n.4, p.1255-1259, 1981.
- OGUNWOLU, S. O.; HENSHAW, F. O.; MOCK, H. P.; SANTROS, A. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. **Food Chemistry**, London, v.115, n.3, p.852-858, 2009.
- OLIVEIRA, J. T. A.; VASCONCELOS, I. M.; BEZERRA, L. C. N. M.; SILVEIRA, S. B.; MONTEIRO, A. C. O.; MOREIRA, R. A. Composition and nutritional properties of seeds *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. **Food Chemistry**, London, v.70, n.1, p.185-191, 2000.
- PEIXOTO, A. L.; ESCUDEIRO, A. *Pachira aquatica* (*Bombacaceae*) na obra “história dos Animais e Árvores do Maranhão” de Frei Cristóvão de Lisboa. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.53, n.82, p.123-130, 2002.
- QUEIROGA NETO, V.; NARAIN, N.; SILVA, J. B.; BORA, P. S. Functional properties of raw and heat processed cashew nut (*Anacardium occidentale*, L.) kernel protein isolates. **Nahrung**, Berlin, v.45, n.4, p. 258-262, 2001.
- RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S. B. Extraction and characteristics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK) globulin. **Food Science and Technology International**, London, v.9, n. 4, p.265-270, 2003.
- RODRIGUES, I. V.; COELHO J. F. J.; CARVALHO, M. G. V. S. Isolation and valorization of vegetable proteins from oilseed plants: methods, limitations and potential. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.109, p.337-346, 2012.
- WEEB, N. B.; IVEY, F. J.; CRIC, H. B. The measurement of emulsifying capacity by electrical resistance. **Journal of Food Science**, Chicago, v.35, n.2, p. 501-504, 1970.
- YUN, J. H.; KWON, I. K.; LOHAKARE, J. D.; CHOI, J. Y.; YONG, J. S.; ZHENG, J. Comparative efficacy of plant and animal protein sources on the growth performance, nutrient digestibility, morphology and caecal microbiology of early-weaned pigs. **Asian – Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 18, p.1285-1293, 2005.