ISOLADO PROTÉICO DE FARINHA DE ARROZ: CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS

JULIANA MACHADO LATORRES[1], ANA RAISA PAIVA[2], BRUNA ARAÚJO GONZALES[3], MYRIAM SALAS MELLADO[4]

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo isolar as proteínas da farinha de arroz pelo método enzimático, utilizando a enzima Termamyl®. Foram determinadas as propriedades funcionais de solubilidade, capacidade de retenção de água e óleo, capacidade emulsificante, propriedades espumantes e digestibilidade *in vitro* na farinha e no isolado protéico de arroz. O isolado protéico foi obtido após a reação com a enzima Termamyl® durante 90 min a 97°C e posterior separação das proteínas por filtração e secagem a 35°C por 24 h obtendo um teor de proteína de 91,2% em base seca, no isolado. Os valores das propriedades funcionais da farinha de arroz foram: solubilidade de 17,8% em pH 10 e 6,2% em pH 5; capacidade emulsificante de 1,13 mL de óleo/g de proteína, capacidade de absorção de água de 2,46 g/g de amostra, capacidade de retenção de óleo de 1,61 g/g amostra e digestibilidade *in vitro* da proteína de 57,6%. O isolado protéico apresentou solubilidade de 7,4% em pH 11 e 1,1% em pH 4,5; capacidade emulsificante de 3mL de óleo/g de proteína, capacidade de absorção de água de 5,4 g/g de amostra, capacidade de retenção de óleo de 6,3 g/g amostra e digestibilidade *in vitro* da proteína de 83,6%. Todas as propriedades funcionais, exceto a solubilidade, foram melhoradas no isolado, quando comparado com a matéria-prima.

PALAVRAS-CHAVES: Farinha de Arroz. Propriedades Funcionais. Termamyl.

PROTEIN ISOLATE OF RICE FLOUR: CHARACTERIZATION E FUNCTIONAL PROPERTIES

ABSTRACT

The aim of this study was to isolate proteins from rice flour using an enzymatic method with the enzyme Termamyl®. The functional properties of solubility, water and oil holding capacity, emulsifying capacity, foam property and "in vitro" digestibility in flour and isolate were determined. The protein isolate was obtained after the reaction with the enzyme Termamyl® during 90 min at 97ºC. The slurry was then filtered and dried at 35ºC during 24 h, obtaining 91.2% of protein (dry basis) in the isolate. The values of the functional properties presented by the rice flour were: 17.8% solubility at pH 10 and 6.2% at pH 5; 1.13 mL oil/g of protein of emulsifying capacity; 2.46 g/g of sample of water holding capacity; oil holding capacity of 1.61 g/g of sample, and "in vitro" digestibility of 57.6%. The protein isolate presented the following values: solubility of 7.4 % at pH 11 and 1.1% at

[1]EQA (FURG), juliana_latorres@hotmail.com
[2]EQA (FURG), raisadepaiva@yahoo.com.br
[3]EQA (FURG), brunagonzales@yahoo.com.br
[4] EQA (FURG), mysame@yahoo.com

pH of 4.5; emulsifying capacity of 3 mL oil/g of protein, water holding capacity of 5.4 g/g of sample and oil holding capacity of 6.3 g/g of sample and *in vitro* digestibility of 83.6 %. All the isolate functional properties values, except the solubility, were better than the raw material values.

KEYWORDS: Functional Properties. Rice Flour. Termamyl ®.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais de maior importância social e econômica para o mundo, sendo responsável pela alimentação de dois terços da população mundial [4]. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, a safra brasileira 2010/2011 deve ficar em torno de 12.628.000 toneladas superior em 8,3 % em relação à última safra. O Rio Grande do Sul é o maior estado brasileiro produtor de arroz, a orizicultura gaúcha contribui com cerca de 64 % da produção nacional [11].

No Brasil, o arroz ocupa um lugar de destaque por ser um alimento de grande valor nutricional, altamente energético, contendo sais minerais e vitaminas do complexo B. O beneficiamento deste grão gera uma série de grãos quebrados, que submetidos ao processo de moagem dão origem a farinha de arroz [5,6].

A farinha de arroz vem sendo reconhecida como uma excelente fonte de proteinas para a alimentação humana, devido a sua composição de aminoácidos balanceada e conteúdo de lisina elevado quando comparada com as farinhas de outros cereais. As propriedades da farinha de arroz são: altamente nutritiva, hipoalergênica e saudável para o consumo humano [16,23].

A produção de isolados protéicos de arroz consiste geralmente em isolar as proteínas, a partir de seus subprodutos como a farinha ou o farelo, através de métodos enzimáticos ou químicos [8]. A modificação enzimática pode ser empregada visando à melhoria da qualidade nutricional e funcional de uma proteína. A hidrólise protéica pode ser realizada por meio de enzimas, ácidos ou álcalis. O método utilizado para isolar as proteínas tem efeitos importantes nas suas propriedades, a hidrólise enzimática é mais adequada em relação aos métodos químicos quando a aplicação é dirigida a fins nutricionais.

As propriedades funcionais são particularidades físico-químicas dos alimentos que colaboram para que tenham as características desejadas pelo consumidor É indispensável à caracterização dessas propriedades nos subprodutos que apresentam potencial para serem comercializados, assim como a avaliação do efeito dos processamentos sobre tais propriedades [19].

A adição de isolados protéicos nas formulações de alimentos é diversa. O uso da farinha em pães e massas pode representar, por exemplo, um aumento no valor nutricional destes produtos fornecendo benefícios, sem, contudo alterar significativamente, suas

propriedades sensoriais. A estrutura-função das proteínas também é interessante, pois, aumenta as possibilidades de seu uso em diferentes tipos de alimentos (propriedades espumantes, emulsificantes, estabilidade ao calor) e interações com outros componentes do alimento [25].

Considerando a posição relevante que o arroz ocupa na dieta do brasileiro e a crescente produção de sua farinha em escala industrial, o objetivo do presente trabalho foi obter um isolado protéico de farinha de arroz por via enzimática e a determinação de suas propriedades funcionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

A farinha de arroz foi cedida pela empresa Cerealle Indústria e Comércio de Cereais LTDA (Pelotas, RS, Brasil). Foi utilizada uma α-amilase, Termamyl 120L® (fornecida pela Novozymes), estável na faixa de pH de 5,5 e 7, termicamente estável, com temperatura ótima de 90ºC.

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização físico-química da farinha de arroz (FA) e do isolado protéico (IPFA)

A composição química (umidade, proteínas, lipídios e cinzas) da farinha de arroz (FA) e do isolado protéico (IPFA) foi realizada segundo as metodologias descritas pela AOAC [3], todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.2.2. Obtenção do isolado protéico de farinha de arroz (IPFA)

O isolado protéico de farinha de arroz (IPFA) foi obtido através do método de extração enzimática das proteínas da farinha de arroz, a partir de um modelo proposto por Morita e Kiriyama [17]. O processo de obtenção constitui em dispersar 30 g de farinha de arroz em 150 mL de água destilada e 0,3 mL da enzima Termamyl 120L sob temperatura ambiente, seguido de agitação por 90 min a aproximadamente 97 ºC, para que ocorresse a digestão enzimática na mistura. A suspensão foi filtrada a vácuo com funil de *Büchner* e Kitasato. O precipitado foi lavado três vezes, com uma quantidade de 150 mL de água fervente com o objetivo de remover o xarope de açúcar e resíduos de enzimas. Posteriormente foi realizado um processo de filtração, onde o precipitado foi submetido a três lavagens com 150 mL de etanol de

concentração 99%. Em seguida, foi filtrado a vácuo novamente, obtendo-se um novo precipitado, sendo este submetido a um processo de secagem em estufa a 35 ºC durante 24 h, tendo-se assim o isolado protéico de farinha de arroz seco (IPFA). O teor protéico foi determinado pelo método de *Kjeldahl.*

2.2.3. Rendimento em massa e em proteína do processo de obtenção do isolado protéico de farinha de arroz

Tanto o rendimento em massa quanto o rendimento de proteína no isolado foram determinados. O cálculo do rendimento em massa relaciona a massa final do isolado com a massa inicial de farinha, enquanto que o cálculo do rendimento de proteína isolada relaciona a massa de proteína no isolado com a massa de proteína inicial na matéria-prima.

Rendimento em massa:

$$\%\, RI = \frac{massa\ do\ isolado}{massa\ inicial}\ x\ 100 \quad (1)$$

Para determinar a massa de proteína isolada foi necessário realizar a secagem do IPFA, para possibilitar a relação desta com a proteína presente na matéria-prima, determinada na caracterização físico-química da farinha de arroz. O teor de umidade considerado para a realização destes cálculos foi 10%, que é a umidade média dos IPFAs.

Rendimento em % proteína:

$$\%\, PR = \frac{massa\ de\ proteína\ no\ isolado}{massa\ de\ proteína\ inicial}\ x\ 100 \quad (2)$$

2.2.4. Determinação das propriedades funcionais na FA e no IPFA

2.2.4.1. Solubilidade

A solubilidade (% S) foi determinada pelo método descrito por Morr et al. [18], com a variação de pH nos valores de 3,0 a 9,0. Os teores de proteína total na reação e proteína solúvel no sobrenadante foram determinados pelo método de *Kjeldahl*, (N x 5,95) e pelo método Lowry et al. [15], respectivamente. Através da Equação 3 foi possível determinar % S da farinha e do isolado protéico de farinha de arroz.

$$\%\, S = \frac{A \times 50}{W\, {}^{P}/_{100}} \times 100 \qquad (3)$$

sendo: A a concentração de proteína no sobrenadante (mg/mL); W o peso da amostra (mg); P a quantidade de proteína na amostra.

2.2.4.2. Capacidade emulsificante

A capacidade emulsificante (CE) foi realizada pelo método descrito por Okezie e Bello [20]. O volume de óleo separado em cada amostra foi medido diretamente no tubo. A diferença entre a camada de óleo remanescente e a quantidade de óleo adicionado foi expressa como a quantidade de óleo emulsificado por grama de proteína contida na amostra, de acordo com a Equação 4.

$$CE = \frac{\text{Quant. de óleo emulsificado (mL)}}{\text{massa de proteína (g)}} \qquad (4)$$

2.2.4.3. Capacidade de absorção de água e de óleo

A capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) foram medidas segundo o método descrito por Okezie e Bello [20]. Uma suspensão com 1 g de amostra e 50 mL de água ou de óleo foi homogeneizada e, em seguida centrifugada a 1500 × g durante 20 min, desprezando-se o sobrenadante. A diferença entre o peso da amostra antes e após absorção de água ou de óleo foi tomada como a quantidade de água ou de óleo absorvida. A capacidade de absorção de água ou de óleo foi expressa como a quantidade de água ou de óleo absorvidas por g de amostra.

2.2.4.4. Capacidade de formação de espuma

A capacidade de formação de espuma (CFE) foi medida de acordo com o procedimento apresentado por Coffmann e Garcia [10]. Uma suspensão com 100 mL de água e 2 g de amostra foi agitada em agitador de haste por 5 min com agitação média. A dispersão foi transferida para uma proveta graduada e a capacidade de formação de espuma expressa como a percentagem (%) de aumento de volume baseando-se no volume inicial e após a formação de espuma. A proveta contendo a espuma foi mantida em repouso a temperatura

ambiente, medindo-se a estabilidade da espuma através da redução percentual do volume em intervalos dos 30, 60, 90 e 120 min.

2.2.4.5. Digestibilidade de proteínas (% DP) da farinha de arroz e do isolado protéico de farinha de arroz

A digestibilidade *in vitro* foi determinada adaptando o método descrito por Sgarbieri [21]. A FA e o IPFA foram digeridos com as enzimas pepsina e pancreatina em seus pHs ótimos. A reação foi interrompida por adição de ácido tricloroacético. Processos de centrifugação e filtração foram realizados; uma solução alcalina e o reagente de Folin foram adicionados. A leitura foi realizada em comprimento de onda de 660 nm. A caseína foi utilizada como controle. A digestibilidade encontrada para caseína foi tomada como padrão e seu valor considerado como 100%. Os valores da digestibilidade da FA e do IPFA foram corrigidos e os resultados expressos em porcentagem em base seca. A Equação 5 demonstra o cálculo para obter a DP da FA e do IPFA.

$$\%\ \mathrm{DP} = \frac{\%\ \mathrm{P_{digerida}}}{\%\ \mathrm{P_{na\ amostra}}} \times 100 \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química da farinha de arroz (FA)

A TABELA 1 apresenta os resultados (valores de triplicata) obtidos da composição centesimal da farinha de arroz.

Tabela 1: Composição química (base úmida) da farinha de arroz.

Componentes	Farinha Cerealle	Vieira et al. [28]	USP [24]
Umidade	7,8 ± 0,03	9,3	1,6
Proteína	7,8 ± 0,30	6,6	6,9
Lipídios	0,5 ± 0,04	0,8	1,1
Cinzas	0,4 ± 0,05	0,4	0,7
Carboidratos*	83,5 ± 0,42	82,9	79,7

*Obtidos por diferença,

De uma forma geral, os resultados obtidos assemelham-se aos dados citados na literatura. Algumas diferenças encontradas podem ser explicadas pelo fato de que os fatores abióticos (calor, frio, colheita, armazenamento, etc) durante o cultivo afetam a composição do grão de arroz, bem como o próprio beneficiamento [26].

3.2. Isolado Protéico de Farinha de Arroz (IPFA)

O rendimento em massa do IPFA foi de 8,9 % e o rendimento em proteína de maior extração protéica (91,2 % em base seca) foi de 93,3 %. Os valores encontrados de proteína e de rendimento são promissores, levando em conta a quantidade inicial de proteína na farinha (7,8 %) que, praticamente, se concentrou 10 vezes no isolado úmido (82,1 %).

Estudos realizados por Vieira et. al. [26] com proteases alcançaram um valor de rendimento de extração protéica máximo de 63,4 %. Os pesquisadores Morita e Kiriyama [17] utilizaram a enzima Termamyl 120L®, assim como o presente trabalho, e atingiram um valor de mais de 90% de proteína pura em base seca.

Segundo Euber et al. [12], ao desenvolverem um método enzimático para produção de concentrado protéico solúvel de arroz utilizaram, primeiramente, uma α-amilase para solubilizar e isolar o amido para, em seguida, extrair enzimaticamente as proteínas usando diferentes tipos de proteases. Estes autores obtiveram rendimentos de extração que variaram de 17 a 75,5%, dependendo do tipo de protease empregada (17% para papaína, 33,5% para protease bacteriana neutra, 47% para protease bacteriana alcalina e 75% para pancreatina).

Alguns autores trabalharam com as enzimas amilolíticas α-amilase e glucoamilase e observaram que quando a farinha foi tratada com essas enzimas, aumentos significativos em conteúdo protéico foram observados, indicando que o amido tinha sido removido efetivamente e que, o amido permanecia o carboidrato majoritário na farinha enriquecida [23].

3.3. Propriedades Funcionais da FA e do IPFA

Os resultados encontrados para solubilidade protéica da FA e do IPFA estão apresentados nas curvas de solubilidade protéica, das Figuras 1a e 1b. A capacidade emulsificante (CE), capacidade de absorção de água (CAA), capacidade de absorção de óleo (CAO), capacidade de formação de espuma (CFE) e digestibilidade protéica (% DP) apresentados pela FA e IPFA estão esboçados na TABELA 3.

Tabela 3: Caracterização Funcional da Farinha e do isolado Protéico de Arroz.

Propriedade Funcional	Farinha de Arroz	Isolado protéico de Arroz
Capacidade Emulsificante (mL óleo/g proteína)	1,13	3,0
Capacidade de absorção de água (g/g amostra)	2,46	5,4
Capacidade de absorção de óleo (g/g amostra)	1,61	6,3
Capacidade de formação de espuma (%)	*	*
Digestibilidade da proteína (%)	57,6	83,6

*Não apresentou formação de espuma

3.3.1. Solubilidade (% S)

O perfil de solubilidade fornece o grau de desnaturação da proteína sofrida no processo, quanto maior for à solubilidade menor será o grau de desnaturação protéica. Esse perfil dá uma indicação dos tipos de alimentos ou bebidas em que a proteína poderia ser incorporada [1].

A variação da solubilidade das proteínas da FA e do IPFA em função do pH está expressa nas Figuras 1a e 1b. Assim como na FA, o IPFA apresentou alta solubilidade em pH elevado. Para a FA os menores valores de solubilidade foram observados em pH 5,0, o que indica que o ponto isoelétrico das proteínas na farinha está situado nesta faixa de pH.

A FA apresentou alta solubilidade em pH elevado.O aumento da solubilidade em pH fortemente alcalino ocorre devido à predominância de cargas negativas que geram forças de repulsão eletrostática capazes de promover a dissociação dos complexos e conseqüente solubilização da proteína [21].

Os valores encontrados são semelhantes aos reportados por outros autores que atingiram a maior solubilidade entre 18 e 23 %, também em pH alcalino utilizando como matéria prima a farinha de arroz [22,23].

Alguns autores apontam que a solubilidade protéica do arroz aumenta em pH alcalino devido ao elevado teor de glutelinas presente. As glutelinas são proteínas que possuem ligações de dissulfeto que são solúveis apenas em soluções ácidas ou alcalinas [13,29].

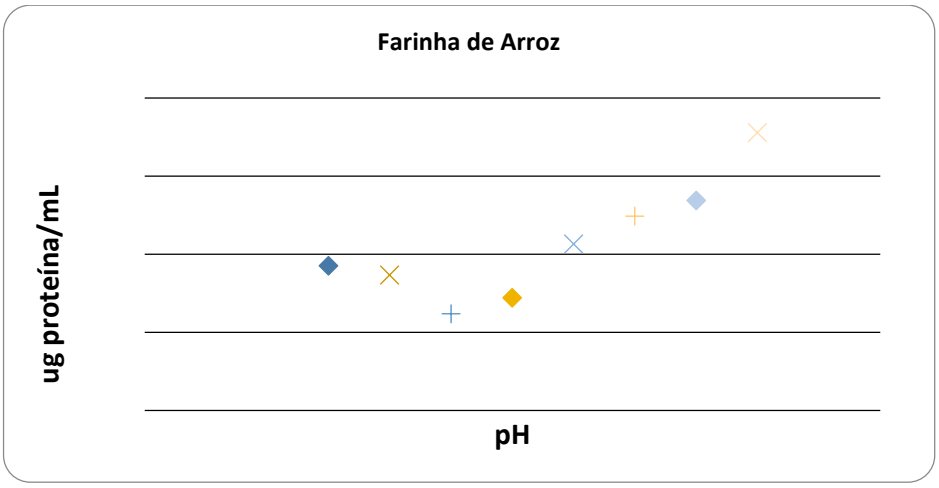


Figura 1(a): Curva da solubilidade protéica da FA

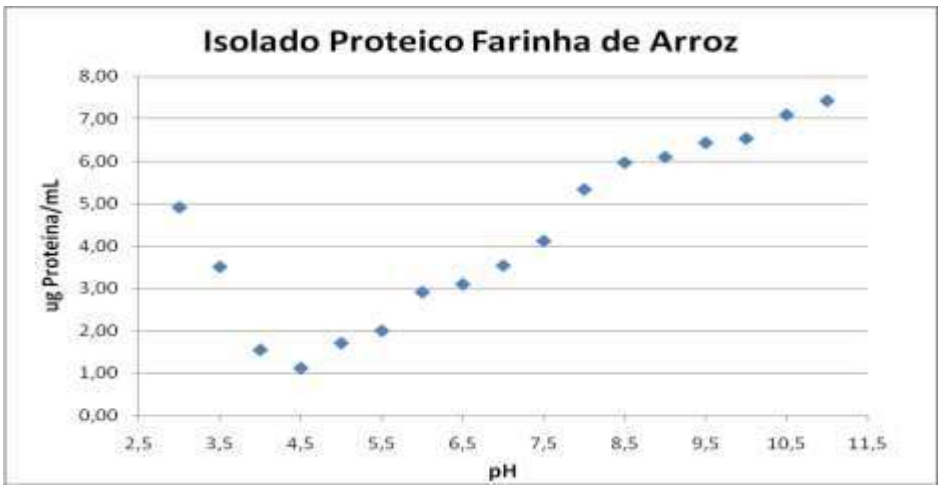


Figura 2(b): Curva da solubilidade protéica do IPFA

3.3.2. Capacidade Emulsificante (CE)

A capacidade emulsificante (CE) é um índice geralmente utilizado para medir a habilidade de emulsões formadas por proteínas ou peptídeos, sendo definida geralmente como volume de óleo (mL) que pode ser emulsionado pela proteína ou peptídeos antes que a inversão de fase ou colapso da emulsão ocorra [21].

Os valores apresentados na Tabela 3 evidenciam a baixa capacidade emulsificante tanto da farinha de arroz como do isolado protéico. Segundo alguns autores, as proteínas do arroz possuem baixa capacidade emulsificante devido a sua baixa solubilidade, grande quantidade de ligações dissulfeto e alta massa molar [2,14].

Apesar de haver justificativa para baixos valores de capacidade emulsificante, alguns autores encontraram resultados satisfatórios, como Wang et al. [28], que encontraram capacidade emulsificante entre 39 e 43 mL de óleo/g de isolado utilizando o arroz como

matéria prima. No entanto esses resultados foram obtidos através de ajuste de pH e as proteínas foram isoladas por métodos químicos, onde a desnaturação protéica é mais branda.

3.3.3. Capacidade de Absorção de Água (CAA) e de Óleo (CAO)

A absorção de água apresentada pelo isolado proteico foi superior quando comparada com a da farinha de arroz. Segundo estudo realizado por Barbosa et al. [5], o valor encontrado para a absorção de água da farinha de arroz foi de 2,6 g/g de amostra, sendo o valor encontrado no presente trabalho semelhante a este.

A capacidade de absorção de água que as proteínas ou alimentos protéicos possuem está relacionada com a interação proteína-água, com isso, a maior ou menor afinidade entre proteína e a água está diretamente ligada à textura, viscosidade, geleificação e emulsificação. A hidrofobicidade das proteínas ocupa o principal papel na absorção de óleo e favorece a utilização de alimento protéico na produção de carnes emulsionadas, linguiças, salsichas, patês, bolos e massas [9].

3.3.4. Capacidade de Formação de Espuma (CFE)

A FA e o IPFA não apresentaram formação de espuma. Diversas modificações foram realizadas na metodologia proposta, testando outros equipamentos no lugar do agitador com haste (liquidificador, *vortex* e *mixer*), mas mesmo assim não houve a formação de espuma. Experimentos semelhantes foram realizados com as mesmas proteínas em diferentes proporções, ajustando o pH e mesmo assim não obtiveram resultados expressivos [7].

Alguns estudos apontam que propriedades moleculares de proteínas são requeridas para uma boa formação de espuma. A formação de espuma de base protéica envolve a difusão de proteínas solúveis em relação ao ar–interface da água e troca de conformação rápida e rearranjo na interface [27].

Baseando-se nesses estudos, pode-se observar que a proteína na sua forma mais pura (IPFA) não deve realmente formar espuma, pois a ausência de polissacarídeos impossibilita a formação do filme necessário para o aprisionamento do ar.

3.3.5. Digestibilidade Protéica (% DP*)*

Observando a TABELA 3 constatou-se que o isolado obtido através do método enzimático obteve um valor de digestibilidade maior que a farinha que o originou, sugerindo alteração das proteínas secas durante a preparação dos isolados. Um fator relevante no estudo da digestibilidade é que a desnaturação parcial das proteínas durante a preparação do isolado torna as proteínas mais susceptíveis ao ataque enzimático e a hidrólise seja mais eficiente [1].

Diferenças na digestibilidade das proteínas podem surgir das diferenças naturais entre proteínas constituintes dos alimentos, as quais podem ser modificadas pela presença de fatores fisiológicos. Os autores trabalharam com sementes de *macuna* (que contem entre 18 e 25% de glutelinas) e encontraram valores de digestibilidade entre 90,6 e 94,5% [1].

4. CONCLUSÃO

Foi possível obter um isolado protéico de farinha de arroz (IPFA) por via enzimática, que apresentou 91,2% de proteínas em base seca. Todas as propriedades funcionais, exceto a solubilidade, foram melhoradas no isolado, quando comparado com a matéria-prima, o que indica que o isolado pode ser utilizado, como ingrediente em um produto alimentício para aumentar seu valor nutricional e melhorar suas características tecnológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ADEBOWALE, Y. A.; ADEYEMI, I. A.; OSHODI. A. A. e NIRANJAN, K. Isolation, fractionation and characterisation of proteins from Mucuna bean. **Food Chemistry**, n. 104, p. 287-299, 2007.

[2] AGBOOLA, S.; DARREN, N. Dominic, M. Characterization and functional properties of Australian rice protein isolates. **Journal Cereal Science**, v. 41, p. 283-290, 2005.

[3] AOAC – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16th ed. v. 2, ed. Patrícia Cunift, Virginia, USA, 1995.

[4] BARBERENA, D. S.; MEDEIROS, R. D.; BARBOSA, G. F. Desenvolvimento e produtividade de arroz irrigado em resposta a diferentes doses de fósforo e potássio,em várzea de primeiro ano, no estado de Roraima. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 462-470, 2011.

[5] BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, D. K.; GOELLNER, T.; RUIZ, W. A.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz**. Revista Vetor**, n. 16 (1/2), p. 11-20, 2006.

[6] BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. Arroz como alimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 101-108, 2004.

[7] BATISTUTI, J. P.; FONTANARI, G. G.; JACON M. C.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, F. L; NEVES, V. A. Isolado protéico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 73-79, ago. 2007.

[8] BIZZOTTO, C. S. et al. Hidrolisados protéicos de arroz com baixo teor de fenilalanina, obtidos pela ação da corolase PP e uso do carvão ativado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 308-316, 2006.

[9] CAVALCANTI, M. T.; BORA, P. S.; CARVAJAL, J. C. L. Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) com e sem espinhos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 507-602, 2009.

[10] COFFMANN, C. N.; GARCIA, V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolated from mung bean flour. **Journal Food Technology**, v. 12, p. 473, 1977.

[11] CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: quinto levantamento**. Disponível em:<http://www.conab.gov.br>, acesso em: 09 março 2011

[12] EUBER, J. R.; PUSKI, G.; HARTMAN JR., G. H. Method for making soluble rice protein concentrate and the product produced therefrom. **United States Patent**, n. 4.990.344, feb. 5, 1991.

[13] ILANKOVAN, P.; HETTIARACHCHY, N. S.; SCHAEFER, C.; BECK, M. Hydrophobicity, solubility, and emulsifying properties of enzyme-modified rice endosperm protein. **Cereal Chemistry**, v. 84, n. 4, p. 343-349, 2007.

[14] KINSELLA, J. E. Functional properties in novel proteins some methods for improvement. **Chemistry and Industry**. v. 5, p. 171-181, 1976.

[15] LORRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal Biology Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.

[16] MARCO, C.; ROSELL C. M. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 132-139, 2008.

[17] MORITA, T.; KIRIYAMA, S. Mass Production Method for Rice Protein Isolate and Nutritional Evaluation. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1393-1396, 1993.

[18] MORR, C. V.; GERMAN, B.; KINSELLA, J. E.; REGENSTEIN, J. M.; VAN BUREN, J. M.; KILARA, A.; LEWIS, B. A.; MANGINO, M. E. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 6, p. 1715-1718, 1985.

[19] NAVES, L. P.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 597-602, 2010.

[20] OKEZIE, B.O.; BELLO, A.B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 450-455, 1988.

[21] SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos - propriedades, degradações, modificaçõe**s. 1. ed. São Paulo, Brasil, Livraria Editora Varela, 1996.

[22] SHIH, F. F. Edible films from rice protein concentrate and pullulan. **Cereal Chemistry**. v. 73, n. 3, 1999.

[23] SHIH, F. F.; DAIGLE, K. W. Preparation and characterization of rice protein isolates, **Journal of the American Oil Chemists' Society***,* v. 77, n. 8, p. 885-889, 2000.

[24] USP - Universidade do Estado de São Paulo. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**, v. 4.1, 2008. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela/>. Acesso em: 02 de Julho de 2011.

[25] VERA, N. G.; TOTOSAUS, A.; HERNANDEZ, J. F.; SOTO, S.; BOLAÑOS, E. N. A. Propriedades de textura de massa e de pão doce tipo concha fortificados com proteínas do soro de leite. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.1, p. 70-75, 2009.

[26] VIEIRA, C. R.; LOPES Jr, C. de O.; RAMOS, C. S.; CAPOBIANGO, M.; SILVESTRE, M. P. C. Extração enzimática das proteínas da farinha de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 599-606, 2008.

[27] WANG, M.; HETTLARACHCHY, N. S.; QI, M.; BURKS, W.; SIEBENMORGEN, T. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. **Journal of Agricultutal. Food Chemistry**, v. 47, p. 411-416, 1999.

[28] WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, M. S. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, 2000.

[29] XIAOHONG, C.; HUANBIN, W.; CUIJUAN, L.; ZHENXIN, G. Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. **Journal of Cereal Science**, v. 50, n. 2, p. 184-189, 2009.