

QUALIDADE DE FARELOS DE ARROZ CRU, EXTRUSADO E PARBOILIZADO¹

Diracy Betânia Cavalcante Lemos Lacerda², Manoel Soares Soares Júnior², Priscila Zaczuk Bassinello³,
Maiza Vieira Leão de Castro², Valácia Lemes Silva-Lobo³, Maria Raquel Hidalgo Campos⁴, Beatriz dos Santos Siqueira²

ABSTRACT

QUALITY OF RAW,
EXTRUDED AND PARBOILED RICE BRAN

Rice is the second most consumed cereal in the world, having reached a global production of 661.3 millions of tons, in 2008. Rice bran, resulted from grain milling to obtain white rice or polished parboiled rice, has significant amounts of carbohydrates, proteins, lipids, soluble fiber, vitamins, and minerals. This study had the objective of evaluating some physicochemical and microbiological characteristics of raw rice bran (RRB), extruded rice bran (ERB), and parboiled rice bran (PRB). All the analyses were done according to standardized methods recommended by the Brazilian National Health Vigilance and International Association of Official Analytical Chemists. The PRB presented the highest contents of protein (17.17 g 100 g⁻¹), lipids (36.03 g 100 g⁻¹), dietary fiber (34.06 g 100 g⁻¹), calcium (99.45 mg 100 g⁻¹), zinc (15.58 mg 100 g⁻¹), copper (1.45 g 100 g⁻¹), and manganese (17.81 g 100 g⁻¹), and the lowest levels of carbohydrate (5.73 g 100 g⁻¹), ash (7.01 g 100 g⁻¹), potassium (507.55 mg 100 g⁻¹), and iron (6.83 mg 100 g⁻¹). All the rice bran samples showed *Aspergillus* sp. contamination, but ERB had the lowest colonies counting. All samples showed acceptable microbiological patterns for coliforms at 45°C and *Bacillus cereus*, and *Salmonella* sp. absence, according to the Brazilian legislation. The RRB, ERB, and PRB have high nutritive value, being considered good sources of proteins, lipids, dietary fiber, and minerals.

KEY-WORDS: *Oryza sativa* L.; macronutrients; minerals; fungi.

RESUMO

O arroz é o segundo cereal de maior consumo no mundo, sendo a produção mundial estimada em 661,3 milhões de toneladas, em 2008. O farelo, resultante do beneficiamento do grão, para obtenção do arroz polido ou parboilizado polido, possui quantidades significativas de carboidratos, proteínas, lipídios, fibras insolúveis, vitaminas e minerais. Este trabalho teve por objetivo avaliar algumas características físico-químicas e microbiológicas do farelo de arroz cru (FAC), do farelo cru submetido à extrusão (FAE) e do obtido após o processo de parboilização do arroz (FAP). Todas as análises foram realizadas conforme métodos recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária Brasileira e International Association of Official Analytical Chemists. O FAP apresentou maior teor de proteínas (17,17 g 100 g⁻¹), lipídios (36,03 g 100 g⁻¹), fibra alimentar (34,06 g 100 g⁻¹), cálcio (99,45 mg 100 g⁻¹), zinco (15,58 mg 100 g⁻¹), cobre (1,45 g 100 g⁻¹) e manganês (17,81 g 100 g⁻¹) e menor teor de carboidratos (5,73 g 100 g⁻¹), cinzas (7,01 g 100 g⁻¹), potássio (507,55 mg 100 g⁻¹) e ferro (6,83 mg 100 g⁻¹). Em todos os farelos, foi detectada presença de *Aspergillus* sp., sendo que o FAE apresentou o menor número de colônias. Todos os farelos apresentaram padrões microbiológicos aceitáveis, para coliformes a 45°C e *Bacillus cereus*, e ausência de *Salmonella* sp., conforme legislação brasileira. FAC, FAE e FAP possuem alto valor nutritivo, sendo fontes de proteínas, lipídios, fibra alimentar e minerais.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L.; macronutrientes; minerais; fungos.

INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal de maior consumo no mundo, sendo a produção mundial, em 2008, estimada em 661,3 milhões de toneladas (FAO 2008). Segundo Alencar & Alvarenga (1991), as populações que consomem arroz como alimento

básico apresentam maior percentual de pobreza e, conseqüentemente, graves deficiências nutricionais, que poderiam ser minimizadas pela utilização de subprodutos do arroz, como o farelo. No Brasil, o número de pessoas subnutridas, de 2001 a 2003, ultrapassou 14 milhões, aproximadamente 8% da população (FAOSTAT 2006).

1. Trabalho recebido em set./2009 e aceito para publicação em dez./2010 (nº registro: PAT 7266/ DOI: 10.5216/pat.v40i4.7266).

2. Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, Goiás, Brasil.

E-mails: dira.betania@gmail.com, manoel@agro.ufg.br, maizavlc@yahoo.com.br, beatrizsiqueira7@hotmail.com.

3. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil. E-mails: pzbassin@cnpaf.embrapa.br, valacia@cnpaf.embrapa.br.

4. Universidade Federal de Goiás (UFG), Faculdade de Nutrição, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: raq7@brturbo.com.br.

O farelo de arroz, resultante do beneficiamento do grão, representa em torno de 8% do arroz em casca. A composição química deste farelo depende de fatores associados à variedade genética, condições ambientais de cultivo, constituição do grão ou processo de beneficiamento (principalmente brunição e polimento), este afetando, especialmente, o conteúdo de carboidratos e fibra alimentar (Saunders 1990a e 1990b, Luh et al. 1991, Hoffpauer 2005). O farelo de arroz possui quantidades significativas de carboidratos, proteínas e lipídios, especialmente ácidos graxos insaturados, alta concentração de fibras insolúveis, vitaminas e sais minerais (Malekian et al. 2000).

Atualmente, tem-se evidenciado a importância à saúde de alimentos ricos em fibra alimentar, devido à relação deste componente com a diminuição do colesterol sanguíneo, proteção contra câncer, aumento do trânsito intestinal, intervenção no metabolismo de lipídios e carboidratos e na fisiologia do trato gastrintestinal (Frank et al. 2004). Além das vantagens relacionadas ao conteúdo de fibra alimentar presente no farelo de arroz, este, ao contrário dos farelos de trigo, aveia, cevada e centeio, não possui glúten, podendo, portanto, ser utilizado por pessoas intolerantes a esta proteína (Hammond 1994).

O farelo de arroz possui alta suscetibilidade à rancificação, especialmente pela presença da lipase, enzima que necessita ser inativada, para que o produto se torne estável e aceitável para a alimentação (Vieira & Carvalho 1999). A extrusão termoplástica, método tradicional para estabilização do farelo de arroz, promove a inativação destas enzimas, proporcionando maior vida-de-prateleira ao produto (Luh et al. 1991, Santos et al. 2006). O farelo de arroz obtido após o processo de parboilização não necessita de tratamento térmico adicional para ser utilizado na alimentação, uma vez que este processo pode inativar enzimas responsáveis pela degradação dos lipídios (Silva et al. 2006).

O farelo de arroz apresenta abundância e baixo valor comercial, sendo mais empregado, na indústria brasileira, para extração de óleo, como ração animal e fertilizante, devido a limitações relacionadas à falta de controle das condições sanitárias de recolhimento e às dificuldades relativas à contaminação deste farelo com resíduos de casca e/ou amido (Santos et al. 2006, Silva et al. 2006). Pesquisas que envolvam a viabilização da utilização do farelo de arroz, na alimentação humana, podem garantir ao consumidor um produto seguro, do ponto de vista nutricional,

microbiológico e sensorial, além de auxiliar no planejamento de estratégias de promoção da saúde pública.

Este trabalho teve por objetivo avaliar características físico-químicas e microbiológicas de farelo de arroz cru, farelo cru submetido a extrusão e farelo obtido após o processo de parboilização de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização das análises, foram utilizados farelos de arroz provenientes da cultivar de terras altas BRS Primavera. O farelo de arroz cru (FAC) foi doado pela Indústria Arroz Cristal Ltda., localizada em Aparecida de Goiânia (GO). Logo após o beneficiamento pela indústria, uma alíquota do FAC foi coletada e submetida a extrusão, em extrusor de rosca simples (MCI 150 kg h⁻¹), com temperatura estabilizada em 110 ± 3 °C, diâmetro da matriz de 1,33 mm, frequência de 50-60 Hz e umidade de 5,6 g 100 g⁻¹. A extrusão foi realizada na Cicopal - Indústria e Comércio de Gêneros Alimentícios e Higiene Pessoal Ltda., localizada em Senador Canêdo (GO). Em seguida, o farelo de arroz extrusado (FAE) foi homogeneizado, em misturador de formato hexagonal, com capacidade de 150 kg, por cinco minutos, a 12 rpm, e, posteriormente, seco, por oito horas, a 60°C, em estufa com circulação de ar (Marconi, MA 035).

A parboilização do arroz foi efetuada na Cerealista Medeiros, em Goiânia (GO), sob as seguintes condições: maceração por 5 horas, a 70°C, vaporização em autoclave de processo contínuo (Pagé), com capacidade para 10.000 kg h⁻¹, e secagem em secador de coluna (Pagé), a 90°C, por 6 horas, com câmara de secagem e resfriamento. Após a parboilização, o arroz foi beneficiado na própria indústria e obtido o farelo de arroz parboilizado (FAP), que, devido à visível contaminação de cascas, foi peneirado a 16 mesh.

Os farelos foram embalados em sacos de polietileno (15 µm de espessura) e armazenados em freezer, a -20°C, até a realização das análises. A composição nutricional foi determinada no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás (GO). As análises de umidade, proteína, lipídios, carboidratos, cinzas e valor energético foram realizadas em triplicata; as de fibra alimentar em quadruplicata; e as de minerais (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn e Mn) em duplicata.

O FAC, FAE e FAP foram analisados quanto ao número total de colônias de fungos, coliformes a 45°C, *Bacillus cereus* e presença de *Salmonella*

sp. Os fungos foram quantificados, em triplicata, no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Arroz e Feijão, segundo Silva et al. (2001). As amostras foram inoculadas em meio de cultura ágar batata dextrose (BDA), acidificado com ácido tartárico (10%), utilizando-se o método de plaqueamento em profundidade. As demais análises foram realizadas no Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos da Faculdade de Nutrição da UFG, em Goiânia (GO), conforme metodologia da American Public Health Association (APHA 2001).

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e na quantificação de fungos totais foram avaliados por análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5%, utilizando-se o SAS (SAS Institute 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O farelo de arroz cru apresentou contaminação de endosperma, na forma de partículas minúsculas, e, quando extrusado, apresentou forma de flocos pequenos, coloração marrom, tendendo ao amarelo, e odor suave, característico de produtos submetidos a este tipo de tratamento térmico. O farelo oriundo do arroz parboilizado continha alta contaminação de cascas, coloração marrom escura e odor forte, proveniente do processo de parboilização ao qual o grão foi submetido (Figura 1).

A coloração do farelo de arroz varia de marrom claro a escuro, sendo a coloração mais escura característica do farelo parboilizado (Luh et al. 1991). O processo hidrotérmico, realizado durante a parboilização, pode provocar escurecimento não-

-enzimático do arroz, devido, principalmente, às reações de Maillard (Ali & Bhattacharya 1976). Na reação de Maillard, não se observa o aparecimento de cor na fase inicial apenas quando se aumenta o poder redutor e o tempo do tratamento térmico. Na fase inicial da reação, ocorre a condensação de um grupo amina com um grupo carbonila, formando as glicosilaminas. Posteriormente, ocorre degradação das cetonaminas, formando α -dicarbonila, que é um potente precursor de pigmentos ou redutonas, quando inicia-se o aparecimento da cor amarelada, e aumenta a absorção de luz na região UV, devido à desidratação do açúcar. A última sequência de reações é a degradação de Strecker, que ocorre quando a α -dicarbonila reage com os α -aminoácidos, sob altas temperaturas, produzindo a degradação do alimento e formando pigmentos de cor pardo-avermelhada intensa, denominados melanoidinas (Pereda et al. 2005).

Bhattacharya (1996) observou que o escurecimento do arroz parboilizado é influenciado pela temperatura de parboilização e tempo de vaporização, sendo que a aplicação de menor temperatura e tempo pode propiciar cor mais clara ao produto beneficiado. A reação é mais intensa, quanto maiores os teores de açúcares e proteínas no farelo de arroz (Ali & Bhattacharya 1976, Fonseca et al. 1983).

O FAC, FAE e FAP apresentaram, em base úmida, teores de umidade de 5,58 g 100 g⁻¹, 1,46 g 100 g⁻¹ e 5,56 g 100 g⁻¹, respectivamente, inferiores aos estimados por Saunders (1986, 1990a e 1990b) (8,0-12,0 g 100 g⁻¹ no FAC e 7,0-9,0 g 100 g⁻¹ no FAP), por Silva et al. (2006) (7,96 g 100 g⁻¹ no FAC e 9,96 g 100 g⁻¹ no FAP) e por Amissah et al. (2003) (7,1-13,0 g 100 g⁻¹ no FAC). Possivelmente, as

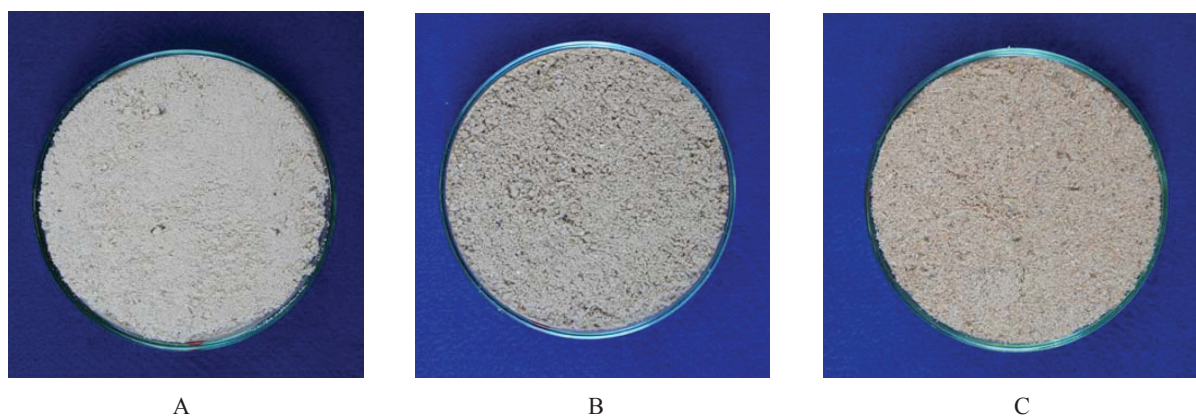


Figura 1. Farelo de arroz cru (A), extrusado (B) e obtido após parboilização (C) do grão da cv. BRS Primavera (Goiânia, GO, 2007).

diferenças foram decorrentes de conteúdos variáveis de umidade no grão de arroz em casca, antes do beneficiamento (Amissah et al. 2003), assim como das condições ambientais, quando os grãos foram adquiridos e beneficiados. O teor de umidade e composição do alimento e a temperatura e umidade do ambiente podem propiciar a vaporização da água presente no alimento para o ambiente, objetivando o alcance da umidade de equilíbrio (Fellows 2006). Desta forma, em ambientes com baixa umidade relativa, como a região Centro-Oeste do Brasil, em agosto (INMET 2006), mês de coleta das amostras, o alimento pode ter perdido água para o ambiente, diminuindo, conseqüentemente, seu conteúdo de água.

Os teores de proteína, lipídios e fibra alimentar foram maiores e os de carboidratos menores ($p \leq 0,05$), no FAP, não diferindo entre o FAC e FAE ($p > 0,05$) (Tabela 1), provavelmente em decorrência da mínima contaminação do FAP com fragmentos de endosperma (ricos em amido). Segundo Saunders (1990b), este fato contribui para um menor conteúdo de carboidratos no FAP, com conseqüente aumento proporcional dos demais componentes do farelo, como proteínas, lipídios e fibra alimentar. Durante a gelatinização do arroz parboilizado, nas etapas de encharcamento e vaporização, qualquer fissura da cariopse é soldada e desaparece, contribuindo para aumentar a quantidade de grãos inteiros e reduzir os fragmentos, após o beneficiamento. Mais importante que a soldagem dos grãos é a reestruturação do grão, que lhe dá maior resistência, durante as etapas de polimento e brunição, pois a estrutura do endosperma torna-se compacta e translúcida (Amato & Elias 2005).

O conteúdo de proteína encontrado por Feddern et al. (2007) (12,5 g 100 g⁻¹ no FAC), por Silva et al. (2006) (13,62 g 100 g⁻¹ no FAC e 12,72 g 100 g⁻¹ no FAP) e por Amissah et al. (2003)

(11,53-15,30 g 100 g⁻¹ no FAC) foram próximos aos verificados no presente trabalho (Tabela 1).

O conteúdo de lipídios de farelos de arroz pode variar entre 10,0 g 100 g⁻¹ e 23,0 g 100 g⁻¹, faixas que incluem os valores verificados neste trabalho (21,82 g 100 g⁻¹ no FAC; 23,72 g 100 g⁻¹ no FAE; e 36,03 g 100 g⁻¹ no FAP), e, quando o farelo é parboilizado, este teor pode exceder 23,0 g 100 g⁻¹ (Saunders 1986) (Tabela 1). Os resultados deste trabalho foram superiores aos verificados por Feddern et al. (2007) (20,10 g 100 g⁻¹), por Delahaye et al. (2005) (18,0 g 100 g⁻¹) e por Amissah et al. (2003) (13,3-19,8 g 100 g⁻¹).

Os carboidratos presentes no farelo de arroz são representados por hemicelulose, celulose, amido e β -glicana (Malekian et al. 2000). O conteúdo de carboidratos estimado no FAC, FAE e FAP constituiu-se, basicamente, de amido, uma vez que a quantidade de fibra alimentar foi determinada e contabilizada separadamente dos carboidratos, no cálculo da composição centesimal. Possivelmente, a diferença existente entre o conteúdo de carboidratos do FAC e FAE, em relação ao FAP, foi devida à contaminação do FAC com partes do endosperma do grão, rico em amido, além da contaminação com cascas, no FAP. Silva et al. (2006) e Feddern et al. (2007) encontraram, no FAC, 50,64 g 100 g⁻¹ e 46,3 g 100 g⁻¹ de carboidratos, respectivamente, resultados próximos aos verificados neste trabalho. O conteúdo de carboidratos encontrado no farelo de arroz parboilizado enquadra-se na faixa descrita por Malekian et al. (2000), de 5,0 g 100 g⁻¹ a 15,0 g 100 g⁻¹, para teor de amido do farelo de arroz.

Todos os farelos analisados apresentaram alto teor de fibra alimentar, segundo o Ministério da Saúde (Brasil 1998). A fibra alimentar do farelo de arroz varia de acordo com o grau de polimento ou conteúdo de amido proveniente do endosperma. O

Tabela 1. Médias seguidas dos desvios-padrão dos componentes químicos (base seca) e valor energético total (VET) dos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP), obtidos a partir do beneficiamento da cultivar de arroz de terras altas BRS Primavera (Goiânia, GO, 2007).

Componentes	FAC	FAE	FAP
Proteínas (g 100 g ⁻¹)	13,34 B \pm 0,48	13,46 B \pm 0,31	17,17 A \pm 0,12
Lipídios (g 100 g ⁻¹)	21,82 B \pm 0,57	23,72 B \pm 0,73	36,03 A \pm 1,02
Carboidratos (g 100 g ⁻¹)	40,08 A \pm 0,82	38,84 A \pm 1,62	5,73 B \pm 0,34
Fibra alimentar (g 100 g ⁻¹)	16,99 B \pm 2,11	16,35 B \pm 2,24	34,06 A \pm 0,99
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	7,76 A \pm 0,02	7,63 B \pm 0,01	7,01 C \pm 0,01
VET (kcal 100 g ⁻¹)	410,10 A \pm 3,25	422,68 A \pm 9,88	415,89 A \pm 7,83

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, a 5%, pelo teste Tukey.

grão de arroz parboilizado, devido à característica compacta e vítrea, é mais resistente à quebra e abrasão, possuindo, portanto, menor possibilidade de contaminação do farelo com endosperma, o que, conseqüentemente, pode resultar em maior teor de fibra alimentar no FAP. O grau de processamento do arroz e fatores associados à variedade genética, condições ambientais e à própria constituição do grão também influenciam, de forma significativa, na composição nutricional do farelo de arroz (Santos et al. 2006).

Dias et al. (1994) encontraram, no farelo de arroz fresco, teores de celulose, hemicelulose e lignina, respectivamente, de 2,64 g 100 g⁻¹, 17,3 g 100 g⁻¹ e 20,9 g 100 g⁻¹ e Luh et al. (1991) encontraram valores de lignina de 7,70-13,11 g 100 g⁻¹. A partir destes dados, supõe-se que a fibra alimentar presente no farelo de arroz é constituída, basicamente, por hemicelulose e lignina, fibras que possuem baixa fermentação e alta capacidade de retenção de água (Luh et al. 1991). Estas fibras são bastante úteis no tratamento da constipação intestinal, pois aumentam a massa fecal, a maciez das fezes e o trânsito intestinal, promovem a renovação de células saudáveis, intensificam a proteção contra infecções bacterianas e retardam a resposta glicêmica (Frank et al. 2004).

Apesar de o conteúdo de macronutrientes ter sido diferente entre os farelos, não ocorreu variação significativa do valor calórico destes, sendo encontrado 410,10 kcal 100 g⁻¹ para o FAC, 422,68 kcal 100 g⁻¹ para o FAE e 415,89 kcal 100 g⁻¹ para o FAP (Tabela 1). Em estudo realizado por Amissah et al. (2003), com dezesseis variedades de arroz, os valores calóricos de FAC variaram de 245,77 kcal 100 g⁻¹ a 388,33 kcal 100 g⁻¹, sendo inferiores aos encontrados neste trabalho.

Amissah et al. (2003) encontraram variação no teor de cinzas entre 8,47 g 100 g⁻¹ e 22,18 g 100 g⁻¹,

em dezesseis variedades de FAC, e Feddern et al. (2007) constataram, também no FAC, 10,5 g 100 g⁻¹ de cinzas, resultados superiores aos verificados neste trabalho (7,76 g 100 g⁻¹ no FAC; 7,63 g 100 g⁻¹ no FAE; e 7,01 g 100 g⁻¹ no FAP). Durante a parboilização do grão de arroz, alguns minerais podem migrar das camadas externas do grão (casca e farelo) para o endosperma ou para a água de imersão, aumentando o teor de minerais no grão de arroz parboilizado e diminuindo as quantidades presentes na casca e no farelo (Gutkoski & Elias 1994, Ferreira & Yokoyama 1999), o que pode justificar o menor teor de cinzas no FAP. O farelo de arroz avaliado neste trabalho apresentou, após extrusão, redução de 1,7% no teor de cinzas (Tabela 1), fato também relatado por Gualberto et al. (1997).

Os teores de minerais encontrados nos farelos avaliados (Tabela 2) diferenciam-se de alguns relatados na literatura (Sant'Ana et al. 2000, Amissah et al. 2003, Barbosa et al. 2006, Abdul-Hamid et al. 2007). A região de cultivo do grão, tipo de grão, variedade, condições de crescimento e aplicação de fertilizantes afetam, significativamente, o conteúdo de minerais do arroz (Santos et al. 2006).

O conteúdo de cálcio no FAP foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) que o do FAC e FAE, que não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 2). De acordo com Abdul-Hamid et al. (2007), os valores de cálcio do farelo de arroz obtido de diferentes frações, durante o beneficiamento, e estabilizado em micro-ondas podem variar entre 6,7 mg 100 g⁻¹ e 15,0 mg 100 g⁻¹. Amissah et al. (2003), em dezesseis variedades de farelo de arroz, encontraram variação de 5,85-9,53 mg 100 g⁻¹ de cálcio, valores inferiores aos verificados neste trabalho. Barbosa et al. (2006) observaram, em farelo de arroz torrado, utilizado na multimistura, quantidade de cálcio pouco infe-

Tabela 2. Médias seguidas dos desvios-padrão de alguns minerais (base seca) presentes nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e obtido após parboilização (FAP) (Goiânia, GO, 2007).

Minerais (mg 100 g ⁻¹)	FAC	FAE	FAP
Cálcio ¹	54,43 B ± 0,00	51,58 B ± 0,00	99,45 A ± 4,85
Magnésio	353,13 A ± 0,00	331,41 B ± 0,00	325,11 B ± 2,91
Potássio	959,37 A ± 28,87	1018,72 A ± 0,00	507,55 B ± 0,00
Fósforo	1348,37 A ± 0,00	1260,64 A ± 44,86	1302,11 A ± 51,40
Ferro	7,19 B ± 0,00	22,39 A ± 0,00	6,83 C ± 0,04
Zinco	6,18 B ± 0,04	5,26 C ± 0,15	15,58 A ± 0,16
Cobre	1,09 B ± 0,00	1,14 B ± 0,00	1,45 A ± 0,03
Manganês	11,22 B ± 0,18	10,99 B ± 0,13	17,81 A ± 0,94

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, a 5%, pelo teste Tukey.

rior à verificada neste trabalho, para o FAC e FAE (47,0 mg 100 g⁻¹).

O FAC apresentou maior teor de magnésio ($p \leq 0,05$) que o FAE e FAP, que não diferiram entre si (Tabela 2). A quantidade de magnésio encontrada por Barbosa et al. (2006), em farelo de arroz torrado, foi superior à observada neste trabalho (679,0 mg 100 g⁻¹), para o FAC, FAE e FAP. O conteúdo de magnésio, em farelo de arroz obtido de diferentes frações do beneficiamento e estabilizado em micro-ondas, variou em 105,6-433,9 mg 100 g⁻¹ (Abdul-Hamid et al. 2007), valores que incluem os verificados neste trabalho, para todos os farelos analisados.

Em relação à quantidade de potássio, o FAP apresentou teor significativamente menor ($p \leq 0,05$) que o FAC e FAE, que não diferiram entre si. O FAC, FAE e FAP não diferiram entre si, em relação ao teor de fósforo (Tabela 2). O conteúdo de potássio e fósforo encontrado em farelo de arroz torrado foi, respectivamente, 1148,0 mg 100 g⁻¹ e 1410,0 mg 100 g⁻¹ (Barbosa et al. 2006), próximos aos observados neste trabalho, para todos os farelos, exceto em relação ao teor de potássio do FAP.

Fósforo e potássio são os minerais mais encontrados no farelo de arroz. O farelo de arroz estabilizado em micro-ondas possuiu valores de fósforo e potássio variando de 1039,30 mg 100 g⁻¹ a 1633,20 mg 100 g⁻¹ e 773,70 mg 100 g⁻¹ a 1545,40 mg 100 g⁻¹, respectivamente, dependendo da fração de farelo obtida durante o beneficiamento do arroz (Abdul-Hamid et al. 2007). Esta variação inclui os valores obtidos neste trabalho, para o fósforo e potássio de todos os farelos analisados, exceto o potássio no farelo parboilizado. Alguns minerais podem migrar das camadas externas para o interior do grão, durante a parboilização do arroz (Ferreira & Yokoyama 1999), o que pode justificar a menor concentração de potássio no farelo de arroz parboilizado. Além disto, a maior percentagem (90%) do fósforo presente no farelo de arroz está sob a forma de fitatos (Amissah et al. 2003), compostos solúveis que podem ter migrado para a água, durante o processo hidrotérmico ao qual o grão de arroz foi submetido, durante a parboilização. Alguns fatores, tais como pH, concentração e presença de outros minerais influenciam na ligação de minerais ao fitato (Wyatt & Triana-Tejas 1994). Nos alimentos, sob condições naturais, o ácido fítico encontra-se carregado negativamente, o que lhe confere alto potencial para complexação com moléculas

carregadas positivamente, como cátions e proteínas (Cheryan 1980).

O maior conteúdo de ferro no FAE pode ter sido decorrente do atrito que alimentos com alto teor de fibra, como o farelo de arroz, tem com a rosca e o canhão do extrusor, durante a extrusão (Camire 2001). Camire et al. (1993) observaram aumento de 38% no teor de ferro de casca de batata extrusada a altas temperaturas. Fairweather-Tait et al. (1987) observaram que o ferro liberado pelo desgaste da rosca extrusora foi, eficientemente, absorvido por ratos alimentados com milho e batata extrusados. A deficiência de ferro é um dos principais problemas de saúde pública de países em desenvolvimento, sendo um dos principais fatores que levam à anemia, atingindo 46% e 48% das crianças e gestantes, respectivamente, em âmbito mundial. No Brasil, é o maior problema relacionado à deficiência de micronutrientes (Cozzolino 2007). Portanto, se parte considerável do ferro presente no FAE for absorvível, isto será mais um benefício da utilização deste produto. No entanto, estudos devem ser realizados, para esclarecimento desta suposição.

O ferro é um mineral que, assim como o cálcio, zinco e magnésio, pode formar sais insolúveis, biologicamente inativos, denominados antinutrientes, com o ácido fítico e os fosfatos (Lönnerdal et al. 1989). O grau em que a absorção mineral é prejudicada vai depender tanto da relativa concentração de ácido fítico e do mineral, como da força da ligação (Rickard & Thompson 1997). Estudos têm mostrado que o ácido fítico é a única estrutura capaz de quelar minerais como cálcio, zinco e ferro (Zhou & Erdman 1995), além de combinar-se com proteínas e amido, resultando na redução da biodisponibilidade destes nutrientes para o organismo (Oatway et al. 2001). No entanto, o ácido fítico, em baixas concentrações, apresenta efeitos positivos sobre a saúde, como ação protetora frente ao câncer e prevenção de enfermidades cardiovasculares (Martinez-Dominguez 2002).

O teor de cobre foi maior no FAP ($p \leq 0,05$), não diferindo entre FAC e FAE (Tabela 2). Hammond (1994) observou 2,0 mg 100 g⁻¹ de cobre em FAC e Abdul-Hamid et al. (2007) encontraram variação de 0,4 mg 100 g⁻¹ a 1,5 mg 100 g⁻¹ de cobre, neste mesmo farelo, de acordo com a fração de farelo de arroz obtida e tratada em micro-ondas. Os valores de cobre encontrados neste trabalho, para FAC, FAE e FAP, situam-se na variação observada por Abdul-Hamid et al. (2007), porém, foram inferiores aos verificados no FAC, por Hammond (1994), e superiores aos ob-

servados por Barbosa et al. (2006), para o farelo de arroz torrado ($0,56 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

Em relação ao teor de manganês (Tabela 2), FAC e FAE não diferiram ($p > 0,05$), sendo que ambos apresentaram conteúdos menores que o FAP. Barbosa et al. (2006) encontraram $10,40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de manganês, em farelo de arroz torrado, valor próximo aos obtidos neste trabalho para FAC ($11,22 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e FAE ($10,99 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Segundo Abdul-Hamid et al. (2007), o conteúdo de manganês de farelo de arroz obtido de diferentes frações e tratado em micro-ondas pode variar em $4,1-8,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, valores inferiores aos verificados neste trabalho, para todos os farelos analisados.

A parboilização do arroz utilizado neste trabalho foi feita em equipamentos revestidos com material galvanizado, composto por zinco, por ser este metal excelente protetor da corrosão (Mendes 2005). Possivelmente, ocorreu migração do zinco presente nos equipamentos para as camadas mais externas do grão de arroz, aumentando, conseqüentemente, o conteúdo de zinco no farelo oriundo do arroz parboilizado. Oliveira et al. (2006) também encontraram, em farelo industrial oriundo da parboilização do arroz, quantidade de zinco ($18,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) superior à de outros farelos analisados no trabalho (cru, torrado, estabilizado em micro-ondas e em autoclave), resultado $16,82\%$ superior ao verificado neste trabalho.

Em todos os farelos, foram detectadas colônias de *Aspergillus* sp. (Tabela 3), fungo presente em

muitos cereais, encontrado em armazéns, moinhos, silos, equipamentos e lugares onde são acondicionados, manuseados e processados produtos agrícolas (Farias et al. 2000). A maior presença de fungos foi detectada nos farelos que possuíam maior umidade, ou seja, cru e parboilizado.

Baixas contagens de fungos são normais, em alimentos frescos ou congelados (Franco & Landgraf 2003). Como a legislação brasileira não determina a quantidade permitida para fungos totais em farelo de arroz, ou em produtos semelhantes, supõe-se que o FAE, por apresentar pequena contaminação fúngica e baixo teor de umidade, estava adequado ao consumo.

Os farelos de arroz cru, extrusado e obtido após parboilização do arroz, possuíam, conforme Brasil (2001), padrões microbiológicos aceitáveis, quanto a coliformes a 45°C e *Bacillus cereus*, e ausência de *Salmonella* sp. (Tabela 4). A detecção de coliformes de origem fecal (coliformes a 45°C) é utilizada como indicador da qualidade sanitária da água e alimentos, uma vez que está associada às condições higiênico-sanitárias de processamento de alimentos (Feng et al. 2002). *Bacillus cereus* é um bastonete aeróbico, normalmente encontrado no solo, na poeira e na água, podendo, também, estar presente em alimentos *in natura*, frescos e processados, inclusive em arroz e derivados. Em geral, não são patogênicos, no entanto, podem causar gastroenterite (Rhodehamel & Harmon 2001). A *Salmonella* sp é uma bactéria entérica patogênica, cujo *habitat* primário é o trato intestinal de

Tabela 3. Média seguida do desvio-padrão das unidades formadoras de colônias de fungos (UFC g^{-1}), nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) (Goiânia, GO, 2007).

	FAC	FAE	FAP
Fungos (UFC g^{-1} de farelo)	$5,3 \times 10^3 \text{ A} \pm 2160,25$	$1,5 \times 10^1 \text{ B} \pm 8,37$	$6,3 \times 10^3 \text{ A} \pm 1032,80$

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si, a 5%, pelo teste Tukey.

Tabela 4. Avaliação microbiológica dos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) (Goiânia, GO, 2007).

Amostra	Coliformes a 45°C g^{-1} (UFC g^{-1})		<i>Bacillus cereus</i> (UFC g^{-1})		<i>Salmonella</i> sp (25 g de amostra)	
	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹
FAC	< 100	$5,0 \times 10^2$	< 100	$5,0 \times 10^3$	Ausência	Ausência
FAE	< 100	$5,0 \times 10^2$	< 100	$5,0 \times 10^3$	Ausência	Ausência
FAP	< 100	$5,0 \times 10^2$	< 100	$5,0 \times 10^3$	Ausência	Ausência

¹ VMP: valor máximo permitido, segundo Brasil (2001).

animais, podendo ser transmitidas aos alimentos ou à água por insetos ou outros organismos (Jay 2000).

A obtenção dos farelos de arroz utilizados neste trabalho não seguiu padrões de higienização específicos para o consumo humano, pois a destinação dos mesmos, pelas indústrias beneficiadoras, atendia às indústrias produtoras de rações ou de fertilização orgânica. Portanto, para que sejam destinados à alimentação humana, durante o processo de beneficiamento do arroz, devem ser atendidas as normas higiênico-sanitárias específicas para a adequada obtenção do farelo.

CONCLUSÕES

1. Farelos de arroz cru, extrusado e obtido após parboilização possuem alto valor nutritivo, sendo fontes de proteínas, lipídios, fibra alimentar e minerais.
2. A extrusão aumenta o teor de ferro, enquanto a parboilização aumenta os teores de cálcio, zinco, cobre e manganês, em farelos de arroz.
3. O processo de extrusão do farelo de arroz diminui o número de colônias de *Aspergillus* sp.
4. Os farelos de arroz cru, extrusado e obtido após parboilização possuem padrões microbiológicos aceitáveis, quanto a coliformes a 45°C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp.

AGRADECIMENTOS

À Capes, pela bolsa de estudo; à Indústria Arroz Cristal Ltda.; à Cerealista Medeiros e à Cicopal - Indústria e Comércio de Gêneros Alimentícios e Higiene Pessoal Ltda.; à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG); e a Selma Nakamoto Koakuzu, Daniel Coelho, Indiara Bastos e Grazylla Fernandes.

REFERÊNCIAS

ABDUL-HAMID, A. et al. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating. *Journal of Food Composition and Analysis*, San Diego, v. 20, n. 7, p. 627-637, 2007.

ALENCAR, M. L. C. B. B.; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz: composição química e seu potencial como alimento. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 95-108, 1991.

ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, K. R. Starch retrogradation and starch damage in parboiled rice and flaked rice. *Starch/Stärke*, Weinheim, v. 28, n. 2, p. 233-240, 1976.

AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. *A parboilização do arroz*. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4. ed. Washington, DC: APHA, 2001.

AMISSAH, J. G. N. et al. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. *Food Control*, Guildford, v. 14, n. 1, p. 21-24, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC*. 16. ed. Washington, DC: AOAC, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC International*. 16. ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

BARBOSA, C. O. et al. Conteúdo de minerais dos ingredientes e da multimistura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 4, p. 916-920, 2006.

BHATTACHARYA, S. Kinetics on colour changes in rice due to parboiling. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 29, n. 1, p. 99-106, 1996.

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.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998*. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. 1998. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 12, de 01 de janeiro de 2001*. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. 2001. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

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. 2003. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

CAMIRE, M. E. Extrusion and nutritional quality. In: GUY, R. *Extrusion cooking: technologies and applications*. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 108-129.

- CAMIRE, M. E.; ZHAO, J.; VIOLETTE, D. A. *In vitro* binding of bile acids by extruded potato peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 41, n. 12, p. 2391-2394, 1993.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.
- COZZOLINO, S. M. F. Deficiências de minerais. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 60, p. 119-126, 2007.
- DELAHAYE, E. P.; JIMÉNEZ, P.; PÉREZ, E. Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 68, n. 1, p. 1-7, 2005.
- DIAS, L. C. G. D. et al. Conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina no farelo de arroz fresco. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 7, n. 1, p. 62-70, 1994.
- FAIRWEATHER-TAIT, S. J. et al. The effect of extrusion cooking on iron absorption from maize and potato. *Journal of Science Food and Agriculture*, London, v. 39, n. 4, p. 341-348, 1987.
- FARIAS, A. X. et al. Contaminação endógena por *Aspergillus* spp. em milho pós-colheita no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 617-621, 2000.
- FEDDERN, V.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 4, p. 800-804, 2007.
- FELLOWS, P. J. Propriedades dos alimentos e teoria do processamento. In: _____. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas*. 2. ed. Porto alegre: Artmed, 2006. p. 25-74.
- FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M. A. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. In: JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. *Bacteriological analytical manual online*. 8. ed. 2002. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html>>. Acesso em: 06 jul. 2008.
- FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. *Cadeia produtiva do arroz na Região Centro-Oeste*. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informações, 1999.
- FONSECA, H. et al. *Arroz: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial*. São Paulo: Edusp, 1983.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *World paddy production*. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/Newsroom/common/ecg/1000820/en/Rmprod0308.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2008.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2003.
- FRANK, A. A. et al. Carboidratos e fibras alimentares. In: FRANK, A. A.; SOARES, E. A. *Nutrição no envelhecer*. São Paulo: Atheneu, 2004. p. 45-71.
- GUALBERTO, D. G. et al. Effects of extrusion processing on the soluble and insoluble, and phytic acid contents of cereal brans. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht, v. 51, n. 3, p. 187-198, 1997.
- GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Estudos da água de maceração de arroz, a 60°C em diferentes condições de manejo. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 47, n. 414, p. 6-10, 1994.
- HAMMOND, N. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. *American Cereal Chemists*, Saint Paul, v. 39, n. 10, p. 752-754, 1994.
- HOFFPAUER, D. W. New applications for whole rice bran. *Cereal Foods World*, Minneapolis, v. 50, n. 4, p. 173-174, 2005.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Inmet). Climanálise. *Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, Brasília, DF, v. 21, n. 8, p. 1-40, 2006. Disponível em: <<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/index0806.shtml>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- JAY, J. M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- LÖNNERDAL, B. et al. Inhibitory effect of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption. *Journal of Nutrition*, Houston, v. 199, n. 2, p. 211-214, 1989.
- LUH, B. S.; BARBER, S.; BARBER, C. B. Rice bran: chemistry and technology. In: LUH, B. S. *Rice: utilization*. 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 314-362. v. 2.
- MALEKIAN, F. et al. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. *Bulletin of the Louisiana Agricultural Experiment Station*, Baton Rouge, n. 870, p. 1-69, 2000.
- MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; GOMES, M. I.; LEÓN, F. R. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, Caracas, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.
- MENDES, M. T. *União de chapas galvanizadas através de brasagem por processo "mig-brazing"*. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais)—Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- OATWAY, L.; VASANTHAN, T.; HELM, J. H. Phytic acid. *Food Reviews International*, Philadelphia, v. 17, n. 4, p. 419-431, 2001.

- OLIVEIRA, M. G. C.; RINALDI, M. M.; BASSINELLO, P. Z. Viabilização do farelo de arroz como ingrediente nutricional de produtos alimentícios. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEG, 4., 2006, Anápolis. *Anais...* Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2006. Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2006/arquivos/agrarias/viabilizacao_farelo.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO/STAT). *Estatísticas sobre seguridad alimentaria: Brasil*. 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/es/ess/faostat/foodsecurity/Countries/SP/Brazil_s.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2008.
- PEREDA, J. A. O. et al. *Tecnología de los alimentos: componentes de los alimentos y procesos*. Madrid: Editorial Síntesis, 2005.
- RHODEHAMEL, E. J.; HARMON, S. M. *Bacillus cereus*. In: JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. *Bacteriological analytical manual online*. 2001. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-14.html#authors>>. Acesso em: 06 jul. 2008.
- RICKARD, S.; THOMPSON, L. Interactions and biological effects of phytic acid. In: SHAIKI, F. (Ed.). *Antinutrients and phytochemicals in food*. Washington, DC: American Chemical Society, 1997. p. 294-312.
- SANT'ANA, L. F. R. et al. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 3, n. 1, p. 129-135, 2000.
- SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.
- SAS INSTITUTE. *Statistical analysis system*. System for Windows 8.0: release 9.1.3. Cary: SAS Institute, 2002.
- SAUNDERS, R. M. Rice bran: composition and potential food uses. *Food Reviews International*, New York, v. 3, n. 1, p. 465-495, 1986.
- SAUNDERS, R. M. Stabilized rice bran: a new world food resource. *Newsletter/International Rice Commission*, Roma, v. 39, n. 1, p. 179-183, 1990a.
- SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World*, Minneapolis, v. 35, n. 7, p. 632-636, 1990b.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.
- SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 75, n. 4, p. 487-491, 2006.
- VIEIRA, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 582-604.
- WYATT, C. J.; TRIANA-TEJAS, A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Easton, v. 42, n. 10, p. 2204-2209, 1994.
- ZHOU, J. R.; ERDMAN JR., J. W. Phytic acid in health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Cleveland, v. 35, n. 6, p. 495-508, 1995.