

Influência das condições de parboilização na composição química do arroz

Influence of the conditions of the parboiling process in the chemical composition of rice

Giniani Carla DORS^{1*}, Renata Heidtmann PINTO¹, Eliana BADIALE-FURLONG¹

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tempos de maceração e autoclavagem, durante o processo de parboilização, na composição química do arroz parboilizado. Uma amostra de arroz verde, com casca e seca, foi submetida ao processo de parboilização segundo um planejamento fatorial 2² com ponto central, tendo como variáveis o tempo de maceração (4, 5 e 6 horas) e o tempo de autoclavagem (15, 22.5 e 30 minutos). Após a secagem, a amostra foi beneficiada em miniengenho, separando-se a casca juntamente com o farelo e o endosperma amiláceo. Todas as porções foram trituradas e peneiradas, recolhendo-se as porções que passaram através de 0,5 mm para serem caracterizadas quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas, fibras, amilose e fenóis totais. Os resultados mostraram que as condições operacionais de tempo de maceração e autoclavagem afetaram os teores de minerais, proteínas, fibras, amilose e fenóis entre o endosperma amiláceo e as porções externas do grão de maneira diferente para cada componente, sendo que o parâmetro tempo de maceração, no seu maior nível (6 horas), teve influência significativa nas frações determinadas.

Palavras-chave: arroz parboilizado; composição química; tempo de maceração; tempo de autoclavagem.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the influence of different soaking time and autoclaving time, during the parboiling process, on the chemical composition of the parboiled rice. A sample of green rice, husked and dry, was submitted to the parboiling process according to an experimental design 2² with central point including soaking time (4, 5 and 6 hours) and the time of autoclaving (15, 22.5 and 30 minutes) as variables. The sample was enriched in a mini-mill after drying separating the husk, the bran, and the starchy endosperm. The portions were triturated and sieved collecting the portion through the 0.5 mm-sieve for the analytical evaluation of moisture, ashes, protein rate (conversion factor 5.7), fiber, amylase, and total phenols. The results showed that soaking time and autoclaving influenced the distribution of minerals, total proteins, fibers, amylase, and phenols differently the starchy endosperm and external portions of the grain. The highest level of soaking time soaking time (6 hours) was significantly influenced.

Keywords: parboiled rice; chemical composition; soaking time; autoclaving time.

1 Introdução

O arroz (*Oryza sativa*, L.), dentre os cereais cultivados, se destaca por ser alimento básico da maioria da população em várias regiões do planeta. No Brasil, o consumo médio varia de 74 a 76 kg/habitante/ano, tomando-se por base o grão em casca (EMBRAPA, 2005). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Arroz Parboilizado (Abiap), 23% do consumo de arroz do Brasil é do cereal que passa por parboilização, sendo este índice significativo, visto que há 25 anos atrás o produto representava apenas 4% do mercado (TREICHEL, 2007).

O grão inteiro é constituído por diversos tecidos, que apresentam estrutura, composição química e funções diferenciadas. A casca constitui de 15 a 30% do peso do grão, dependendo da variedade, práticas culturais, localização geográfica, estação do ano e temperatura. Minerais (sílica) e celulose são os maiores componentes da casca (GUTOSKI; ELIAS, 1994; FELIPE et al., 1997; SALUNKHE; CHAVAN; KADAM, 1999). Alencar e Alenvarenga (1991) e Salunkhe, Chavan e Kadam (1999) relataram que o pericarpo (farelo) é composto pelas camadas que

envolvem o endosperma amiláceo do grão de arroz, sendo rico em proteínas, lipídios, vitaminas e sais minerais, constituindo 5 a 7% do peso do grão. A camada de aleurona é formada pela parte externa do endosperma, sendo que o número de camadas presentes varia dependendo da origem do grão, variedade e fatores ambientais. As células do endosperma são uma excelente fonte de carboidratos complexos, representados principalmente pelo amido, que se encontra presente na forma de amilose e amilopectina. O conteúdo de amilose varia de 12 a 35% no arroz normal, enquanto que variedades cerosas contêm um baixo teor de amilose.

O processo de parboilização tem sido largamente utilizado como uma das formas de minimizar a quebra dos grãos durante o beneficiamento, evitar a remoção excessiva de compostos importantes do ponto de vista nutricional e resultar em um produto com melhores condições de conservação (GUTKOSKI; ELIAS, 1994; AMATO; ELIAS, 2005). Embora estes efeitos sejam benéficos, algumas transformações físico-químicas

Recebido para publicação em 11/9/2007

Aceito para publicação em 14/1/2008 (002845)

¹ Departamento de Química, Laboratório de Análise e Bioquímica de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande – RS, Brasil,

E-mail: dorsgi@yahoo.com.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

decorrentes do processamento são indesejáveis, tais como o desenvolvimento de sabor, textura e cor desagradáveis para os consumidores do produto tradicional, bem como a migração de contaminantes (COELHO, BADIALE-FURLONG; ALMEIDA, 1999; DORS, 2006).

Durante a maceração efetuada com o arroz em casca, a água utilizada migra para o interior do grão arrastando compostos hidrossolúveis e propicia também um meio adequado para a gelatinização do amido, que deverá ocorrer durante o cozimento. Com a posterior secagem, o grão do arroz torna-se mais resistente às tensões provocadas durante o beneficiamento, aumentando assim, o rendimento em grãos inteiros. Isto resulta num produto que, após o preparo para consumo, apresenta características sensoriais de textura agradáveis e compatíveis com o perfil gastronômico do prato (MARTINEZ, 1984; SINGARAVADIVEL; ANTHONI RAJ, 1984; BHATTACHARYA; ALI, 1985; LUZ; TREPTOW, 1994; GUTKOSKI; ELIAS, 1994; AMATO; ELIAS, 2005). No entanto, não há muita disponibilidade de informação experimental sobre os efeitos das condições de processo sobre a composição e/ou migração de compostos funcionais para o interior do grão.

Tendo em vista a alta produção de arroz na região Sul do Brasil, a tendência ao aumento do consumo de arroz parboilizado e a falta de dados específicos quanto aos efeitos deste tipo de processamento do arroz na qualidade nutricional do produto é importante fornecer subsídios para sua valoração, bem como a otimização de condições do processo para disponibilização de nutrientes. Diante do considerado, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes tempos de maceração e autoclavagem, durante o processo de parboilização, na composição química do grão de arroz, especialmente quanto aos teores dos compostos bioativos e nutritivos.

2 Material e métodos

2.1 Amostra

A amostra de arroz verde com casca foi cultivada na região do Taim - RS, safra 2004/2005, colhida e seca até umidade de 13% (base úmida), utilizando-se um secador com escoamento paralelo de ar, 60 °C por 3 horas. Esta matéria-prima foi caracterizada físico-quimicamente conforme explicado no item 2.3. Posteriormente, foi submetida ao processo de parboilização sob diferentes condições descritas no planejamento experimental (Tabela 1) e beneficiada em miniengenhio laboratorial da marca Susuki, separando-se casca/farelo do endosperma amiláceo. Todas as porções foram trituradas em moinho de facas da marca Tecnal (modelo TE-631) e peneiradas, recolhendo-se as porções passantes de 0,5 mm para serem empregadas nas determinações analíticas.

2.2 Parboilização experimental

Para estudar a influência dos diferentes tempos de maceração e de autoclavagem na composição química do grão de arroz, durante o processo de parboilização, foi realizado um planejamento fatorial 2² com ponto central (Tabela 1), no qual os parâmetros para estudo foram estabelecidos com base nos

utilizados pelas indústrias beneficiadoras de arroz na região produtora (AMATO; ELIAS, 2005).

A maceração foi realizada utilizando-se 200 g de arroz com casca na proporção 1:2 com água, em banho-maria a 60 °C por 4, 5 e 6 horas. Após esta etapa, a água foi removida com o auxílio de peneiras plásticas e o arroz com casca encharcado foi submetido à autoclavagem à pressão manométrica de 1 x 10⁵ Pa (121 °C) nos tempos de 15, 22,5 e 30 minutos. Posteriormente, as amostras foram secas em bandejas de alumínio, utilizando-se estufa com escoamento paralelo de ar a 60 °C durante 3 horas até a umidade de 13% (base úmida), determinada conforme metodologia descrita no item 2.3. Da combinação das condições de tratamento definidas no planejamento, resultaram 7 experimentos, conforme descrito na Tabela 1.

2.3 Caracterização físico-química

Os teores de umidade, cinzas e proteína (fator de conversão 5,7) foram determinados pelos procedimentos da AOAC Internacional (2000). A determinação de fibras foi realizada utilizando-se método químico, determinando o resíduo orgânico insolúvel da amostra, após digestão ácida e alcalina, sendo descontados destes os valores de cinzas (BRASIL, 1991).

A amilose foi determinada utilizando-se o procedimento descrito por Sowbhagya e Bhattacharya (1979), que consistiu na extração com tetracloreto de carbono, e determinação do conteúdo de amilose que reage com iodo em espectrofotômetro a 630 nm. A quantificação empregou uma curva padrão de amilose que variou entre 1,0 a 3,5 mg.mL⁻¹.

A extração dos compostos fenólicos (fenóis totais) foi realizada a frio utilizando-se álcool metílico na proporção de 1:5 de massa seca: solvente, sob agitação horizontal a 1 g durante 30 minutos (em agitador orbital marca B. Braun Biotech Internacional, modelo Certomat BS11) e temperatura ambiente, seguida de partição com hexano, clarificação com hidróxido de bário 0,1M e sulfato de zinco 5%. O resíduo sólido foi separado por centrifugação. Os extratos metanólicos foram secos em rotaevaporador e o conteúdo de fenóis totais, determinado através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando-se o comprimento de onda de 660 nm. A curva padrão de ácido ferúlico variou entre 0 e 5 µg.mL⁻¹ (FURLONG et al., 2003).

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial 2² com ponto central nas formas codificadas e não codificadas para avaliar influência dos diferentes tempos de maceração e autoclavagem, durante o processo de parboilização, na composição química do grão de arroz.

Experimentos	Tempo de maceração		Tempo de autoclavagem	
	X _E *	(horas)	X _A *	(minutos)
1	-1	4	-1	15
2	+1	6	-1	15
3	-1	4	+1	30
4	+1	6	+1	30
5	0	5	0	22,5
6	0	5	0	22,5
7	0	5	0	22,5

*X_E = tempo de maceração codificado; e X_A = tempo de autoclavagem codificado.

2.4 Análise estatística dos resultados

Foi utilizado o programa *Statistica* versão 6.0 for Windows no seu modo “experimental design” (ANOVA/MANOVA) ao nível de significância de 95%, para a avaliação dos efeitos das variáveis tempos de maceração (4, 5 e 6 horas) e de autoclavagem (15, 22,5 e 30 minutos) nas frações de composição química do arroz parboilizado e no subproduto farelo/casca.

3 Resultados e discussões

3.1 Composição química

Para acompanhar o efeito das condições de parboilização na composição química, as amostras foram separadas em duas porções, endosperma amiláceo e casca/farelo. Este último serviu para confirmação dos resultados obtidos nas determinações do endosperma amiláceo, que é a parte do arroz beneficiado consumida. É importante ressaltar que as determinações foram realizadas na fração casca/farelo, pois o beneficiamento em moinho laboratorial não possibilitava a obtenção das frações separadas.

A composição química da amostra de arroz verde e seco está apresentada na Tabela 2. Os resultados obtidos não diferem

Tabela 2. Composição química e teor de compostos fenólicos do endosperma amiláceo e da casca/farelo do arroz verde.

Componentes	Endosperma amiláceo	Casca mais farelo
Umidade (%)	12,1 ± 0,79	8,1 ± 0,83
Cinzas* (%)	0,7 ± 0,06	14,5 ± 0,32
Proteínas* (%)	10,2 ± 0,89	4,6 ± 0,26
Fibras* (%)	0,5 ± 0,00	32,4 ± 1,15
Amilose (%)	6,3 ± 0,36	0,8 ± 0,11
Fenóis* (ug/g)	124,4 ± 15,00	203,2 ± 5,52

*Em base seca.

dos que vêm sendo encontrados nos levantamentos realizados no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da FURG, empregando-se outras variedades de arroz cultivadas no RS em safras diversas, bem como por outros autores (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2001; ABDUL-HAMID et al., 2007; RAJA SULAIMAN; OSMAN; SAARI, 2007).

A Tabela 3 apresenta os dados de composição do endosperma amiláceo obtidos a partir dos experimentos do planejamento fatorial 2² com ponto central e a Tabela 4, para casca/farelo resultantes do beneficiamento do arroz após a parboilização.

A granulometria da amostra adotada neste trabalho e o uso de tetracloreto de carbono na etapa de extração de amilose são os aspectos mais concretos para justificar as diferenças de teores de amilose encontradas neste trabalho, uma vez que a amilose e a amilopectina não existem livres na natureza, mas como agregados semicristalinos organizados sob a forma de grânulos. O tamanho, a forma e a estrutura desses grânulos, geralmente, variam de menos de 1 µm a mais do que 100 µm, e os formatos podem ser irregulares (THOMAS; ATWELL, 1999). A variação nos teores de amilose e amilopectina não afeta o valor nutritivo do arroz, mas influi grandemente nas qualidades culinárias, de tal forma que, quanto maior for o teor de amilose tanto mais secos e mais separados ficarão os grãos depois de cozidos (ELIAS et al., 2003; GONZALES; LIVORE; PONS, 2004).

Os dados das Tabelas 3 e 4 foram tratados estatisticamente ao nível de 95% (valor de p < 0,05) e os efeitos dos tempos de maceração e de autoclavagem na composição química estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Houve diferença significativa para o efeito principal do parâmetro tempo de autoclavagem (X_A) no conteúdo de umidade do endosperma amiláceo (Tabela 5). Quanto maior este tempo, maior o teor de umidade, conforme o esperado em função do

Tabela 3. Composição química e teor de compostos fenólicos do endosperma amiláceo de arroz parboilizado sob diferentes condições.

Experimentos	Umidade (%)	Cinzas (%)*	Proteínas (%)*	Fibras (%)*	Amilose (%)	Fenóis totais (ug/g)*
1	10,9 ± 0,64	0,7 ± 0,06	9,9 ± 1,20	0,4 ± 0,01	6,4 ± 0,495	118,2 ± 4,17
2	10,7 ± 0,72	0,6 ± 0,09	7,9 ± 0,85	0,4 ± 0,01	8,2 ± 0,141	136,4 ± 18,24
3	11,9 ± 0,15	0,6 ± 0,02	8,8 ± 0,21	0,4 ± 0,01	7,3 ± 0,141	104,6 ± 7,85
4	12,0 ± 1,52	0,6 ± 0,01	9,8 ± 1,20	0,5 ± 0,01	7,4 ± 0,495	120,2 ± 11,67
5	11,5 ± 0,81	0,7 ± 0,01	10,0 ± 0,57	0,4 ± 0,01	5,4 ± 0,000	105,5 ± 1,98
6	11,6 ± 0,14	0,7 ± 0,01	9,8 ± 0,01	0,5 ± 0,01	5,2 ± 0,000	104,8 ± 0,49
7	11,9 ± 0,14	0,7 ± 0,01	10,0 ± 0,14	0,5 ± 0,01	5,4 ± 0,071	105,8 ± 0,42

*Em base seca.

Tabela 4. Composição química e teor de compostos fenólicos da casca/farelo de arroz parboilizado sob diferentes condições.

Experimentos	Umidade (%)	Cinzas (%)*	Proteínas (%)*	Fibras (%)*	Amilose (%)	Fenóis totais (ug/g)*
1	7,3 ± 0,16	12,4 ± 0,12	4,8 ± 0,07	30,5 ± 1,61	1,0 ± 0,14	206,8 ± 17,61
2	6,6 ± 0,35	12,9 ± 0,04	5,1 ± 0,42	38,6 ± 0,22	0,8 ± 0,07	222,2 ± 4,88
3	8,2 ± 0,08	12,9 ± 0,07	4,4 ± 0,07	30,7 ± 1,27	0,9 ± 0,07	202,2 ± 5,30
4	7,6 ± 0,08	12,8 ± 0,28	4,6 ± 0,35	35,2 ± 0,07	0,8 ± 0,07	228,4 ± 18,17
5	7,8 ± 0,02	14,3 ± 0,57	5,6 ± 0,21	33,3 ± 0,89	0,8 ± 0,01	184,2 ± 8,06
6	7,9 ± 0,03	14,2 ± 0,35	5,6 ± 0,07	33,6 ± 0,20	0,8 ± 0,01	183,0 ± 3,61
7	7,9 ± 0,01	14,2 ± 0,21	5,6 ± 0,07	33,3 ± 0,45	0,8 ± 0,01	181,1 ± 2,97

*Em base seca.

cozimento (MARSHALL et al., 1993). Os parâmetros tempo de maceração (X_E) e tempo de autoclavagem (X_A) influenciaram significativamente os teores de umidade na porção casca mais farelo (Tabela 6), sendo que, quanto maior o tempo de autoclavagem e menor o tempo de maceração, maior o teor de umidade. Estes resultados comprovam que a etapa de secagem do grão até 12-13% de umidade deve ser modelada para evitar alterações nas características fisiológicas e na susceptibilidade à contaminação, pois os altos teores de umidade associados a outros fatores abióticos durante o armazenamento do produto podem ser propícios para o crescimento fúngico e a produção de micotoxinas por espécies toxigênicas.

As variáveis de processo estudadas não acarretaram diferença significativa para a matéria mineral (cinzas) no endosperma amiláceo (Tabela 5). No entanto, na porção casca/farelo, a interação dos parâmetros tempo de maceração e autoclavagem ($X_E \cdot X_A$) apresentou diferença significativa. A maceração e o cozimento são operações que se complementam no processo de parboilização e, sendo assim, o efeito negativo nos teores de cinzas nos maiores tempos pode ser atribuído ao fato de que minerais solúveis presentes nas camadas externas migraram para o endosperma amiláceo, resultando numa diminuição dos valores destes componentes nas frações externas do grão. A partir disto, pode ser esperada melhora no valor nutricional da porção amilácea, conforme mencionaram Eggum et al. (1993) e Amato, Carvalho e Silveira (2002), se os minerais migrados forem essenciais. A Tabela 3 mostra tendência de aumento do teor de matéria mineral na associação de 5 horas de maceração e 22,5 min de autoclavagem. É necessário ressaltar que nos teores de cinzas determinados na casca/farelo também estão computados os teores de sílica provenientes da casca, aumentando consideravelmente este valor quando comparado com valores de literatura para o farelo (Tabela 4).

Os teores de proteína no endosperma amiláceo foram afetados significativamente pela interação entre tempos de

maceração e de autoclavagem ($X_E \cdot X_A$) (Tabela 5), bem como pelo fator principal tempo de maceração (X_E), porém este com efeito negativo nos maiores tempos. A 95% de confiança, as variáveis estudadas não afetaram significativamente os teores de proteínas na porção casca/farelo; contudo, a 90% (valor de $p < 0,1$), a interação entre tempo de maceração e autoclavagem ($X_E \cdot X_A$) apresentou efeito negativo quando foram associados os maiores tempos (6 horas e 30 minutos), corroborando com o ocorrido no endosperma amiláceo. O consumo de arroz contribui com uma variação de 7 a 71% do conteúdo de proteína das dietas em diferentes regiões do planeta (JULIANO, 2004), considerando-se que o processo de parboilização contribuiu para o aumento destes teores, efetivamente o processo pode possibilitar o aporte de maiores teores de proteína na dieta. Amato, Carvalho e Silveira (2002) mencionaram a dificuldade de migração das proteínas, devido ao tamanho das moléculas, e a dificuldade na sua solubilização, porém este aspecto pode ser resolvido pelo maior tempo no processo de parboilização, conforme demonstrado.

Os teores de fibras do endosperma amiláceo não sofreram alteração significativa sob ação dos parâmetros estudados, entretanto, para a fração casca/farelo, os valores de fibras foram alterados significativamente (Tabela 6). É importante salientar que o aumento dos teores de fibras pode resultar da contribuição do amido resistente formado no farelo durante o processo de parboilização (GONI et al., 1996).

A fração amilose teve seus teores diminuídos quando foram aplicados os maiores tempos de maceração, bem como a associação dos maiores tempos de maceração e autoclavagem. O mesmo não ocorreu para a porção casca/farelo, o que era esperado, visto que o farelo contém em torno de 34,1 a 52,3% de carboidratos em sua composição (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2001), enquanto que no endosperma amiláceo os teores podem chegar a 90%. Segundo Salunke, Chavan e Kadam (1999), o conteúdo de amilose varia entre 12 e 35% no arroz

Tabela 5. Influência dos parâmetros de parboilização na composição química do endosperma amiláceo.

Parâmetros	Efeitos					
	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Fibras (%)	Amilose (%)	Fenóis totais (ug/g)
Média	11,50**	0,66**	9,46**	0,44**	6,47**	113,64**
X_E^*	-0,05	-0,05	-0,50**	0,05	0,95**	16,90**
X_A^*	1,15**	-0,05	0,40	0,05	0,05	-14,90**
$X_E \cdot X_A^*$	0,15	0,05	1,50**	0,05	-0,85**	-1,30

* X_E = tempo de maceração; X_A = tempo de autoclavagem; e ** Efeitos significativos ($p < 0,05$).

Tabela 6. Influência dos parâmetros de parboilização na composição química da casca/farelo.

Parâmetros	Efeitos					
	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Fibras (%)	Amilose (%)	Fenóis totais (ug/g)
Média	7,61**	13,39**	5,10**	33,60**	0,843**	201,13**
X_E^*	-0,65**	0,20	0,25	6,30**	-0,15	20,80**
X_A^*	0,95**	0,20	-0,45	-1,60**	-0,15	0,80
$X_E \cdot X_A^*$	0,05	-0,30**	-0,05	-1,80**	0,05	5,40

* X_E = tempo de maceração; X_A = tempo de autoclavagem; e ** efeitos significativos ($p < 0,05$).

normal, enquanto que variedades cerosas contêm baixos teores de amilose. Os valores encontrados, entre 5,4 e 8,2%, indicam que a variedade do arroz se comporta como as variedades cerosas e que a aplicação de um maior tempo de autoclavagem pode indisponibilizar a amilose ao procedimento analítico, devido à gelatinização do amido durante o tratamento.

Os teores de fenóis totais no endosperma amiláceo diferiram significativamente (Tabela 5), ocorrendo aumento de aproximadamente 9%, no maior tempo de maceração e menor tempo de autoclavagem. Para a porção casca/farelo, foi verificado incremento de 12% nos maiores tempos de maceração e de autoclavagem. Cabe salientar que a distribuição e a composição dos fotoquímicos fenólicos também são influenciadas pela variedade, procedimento e local de plantio, grau de amadurecimento, condições de estocagem e processo (KIM; JEONG; LEE, 2003).

Os resultados do planejamento realizado sugerem que, para empregar o processo de parboilização como forma de aumentar o potencial funcional do endosperma amiláceo, a melhor condição de aplicação, no caso da porção proteica, seria a interação dos maiores tempos de maceração e autoclavagem, corroborada pela diminuição destes teores na porção casca/farelo. Para os teores de amilose e fenóis, a condição que favoreceu o maior incremento foi a aplicação do maior tempo de maceração. Para fibras, mesmo não havendo diferença significativa nos resultados obtidos para o endosperma amiláceo, o maior tempo de maceração aumentou estes teores na porção casca/farelo. Para cinzas, também não houve diferença significativa para o endosperma amiláceo, mas a interação dos maiores tempos de maceração e autoclavagem diminuiu estes teores na porção casca/farelo. A umidade foi maior quando aplicado o maior tempo de autoclavagem, favorecendo aumento tanto no endosperma amiláceo quanto na porção casca/farelo.

4 Conclusões

Os experimentos realizados confirmaram que as condições operacionais de tempo de maceração e autoclavagem alteram a distribuição de minerais, proteínas, fibras, amilose e fenóis entre o endosperma amiláceo e as porções externas do grão de maneira diferente para cada componente, sendo que o parâmetro tempo de maceração (X_E), no seu maior nível (6 horas), sempre teve influência significativa, associado ou não ao tempo de autoclavagem. Os componentes mais afetados por estes parâmetros no endosperma amiláceo foram os teores de proteínas e fenóis.

Agradecimentos

Ao CNPq e ao IRGA.

Referências bibliográficas

- ABDUL-HAMID A., RAJA SULAIMAN R.R., OSMAN A., SAABDUL-HAMID, A. et al. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 20, n. 7, p. 627-637, 2007.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. *Official Methods of Analysis of International*. Horwitz, W. (Ed.). 17 ed. Arlington, 2000. (CD - ROM).
- ALENCAR, M. L. C. B.; ALENVARENGA, M. G. Farelo de arroz: composição química e seu potencial como alimento. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 34, n. 1, p. 95-105, 1991.
- AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **Parboilização do arroz**. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz Ziede, 2005. 160p.
- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA, F. S. **Arroz parboilizado**: tecnologia limpa, produto nobre. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz, 2002. 240p.
- BHATTACHARYA, K. R.; ALI, S. Z. Changes in rice during parboiling, and properties of parboiled rice. *Advances in Cereal Science Technology*, v. VIII, p. 105-107, 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC. Métodos analíticos para controle de alimentos para uso animal. INTERLAB VI. Portaria 108, de 4 de setembro de 1991. *Diário Oficial da União*, 17 de setembro de 1991, seção I, p. 19813.
- COELHO, C. S.; BADIALE-FURLONG, E.; ALMEIDA, T. L. Migração de micotoxinas durante o processo de parboilização do arroz. *Brazilian Journal Food Technology*, v. 2, n. 2, p. 43-50, 1999.
- DORS, G. C. **Arroz parboilizado**: situação micotoxicológica e suas relações com as condições de parboilização. Rio Grande, RS, 2006. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- EGGUM, B. O. et al. The resistant starch, undigestible energy and undigestible protein contents of raw and cooked milled rice. *Journal Cereal Science*, v. 18, n. 2, p. 159-170, 1993.
- ELIAS, M. C. et al. Arroz: gerenciamento operacional define a qualidade. *Seed News*, v. 7, n. 4, p. 12-14, 2003.
- EMBRAPA. **Consumo de arroz brasileiro**. Disponível em: <http://www21.sede.embrapa.br/noticias/banco_de_noticias/2003/abril/bn.2004-11-25.0650764793/mostra_noticia>. Acesso em: 10 Dez. 2005.
- FELIPE, C. A. S. et al. **Estudo da secagem de grãos de arroz parboilizado em secador leito de jorro**. Rio Grande - RS, 1997. Projeto de Graduação (Engenharia de Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- FURLONG, E. B. et al. Avaliação do Potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. *Revista Vector*, v. 13, n. 1, p. 105-114, 2003.
- GONI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.
- GONZALES, L.; LIVORE, A.; PONS, B. Physico-chemical and cooking characteristics of some rice varieties. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 47, n. 1, p. 71-76, 2004.
- GUTOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Estudo da água de maceração de arroz a 60 °C em diferentes condições e manejo. *Instituto Rio-Grandense de Arroz - IRGA: Lavoura Arrozeira*, v. 47, n. 414, p. 6-10, 1994.
- JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Disponível em: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/t0567e/t0567e00.htm>>. Acesso em: 14 Jan. 2004.
- KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. **Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums**. *Food Chemistry*, v. 81, n. 4, p. 321-326, 2003.
- LUZ, M. L. G. S.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de arroz parboilizado submetido a diversas condições de secagem complementar. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 56-63, 1994.
- MARSHALL, W. E. et al. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice: comparison of a subjective and an objective method. *Cereal Chemistry*, v. 70, n. 2, p. 226-230, 1993.

- MARTINEZ, E. S. M. **Efeito de algumas variáveis operacionais nas características de qualidade do arroz parboilizado convencionalmente e por microondas.** Campinas, SP, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Campinas – UNICAMP.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. **Postharvest Biotechnology of Cereals.** Flórida: CRC Press, 1985. 208 p.
- SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Farelo de arroz – composição e propriedades. **Revista Óleos & Grãos**, jul-ago, p. 34-42, 2001.
- SINGARAVADIVEL, K.; ANTHONI RAJ, S. Minimizing losses in rice parboiling. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 54, n. 3, p. 228-230, 1984.
- SOWBHAGYA, C. M.; BHATTACHARYA, K. R. Simplified determination of amylose in milled rice starch. **Starch**, v. 31, n. 5, p. 159-163, 1979.
- THOMAS, D. J.; ATWELL, W. **Starches: Pratical Guides for the Food Industry.** Minnessota: Eagan Press, 1999. 94 p.
- TREICHEL, A. **Planeta Arroz.** Disponível em: <http://www.planetaarroz.com.br/edicoes/15/06_negocio_capa_pag02.php?PHPSESSID=65b97060f81c36e180b3afafd8ffe17>. Acesso em: 10 Jul. 2007.