BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY

Migração de Micotoxinas Durante a Parboilização do Arroz

Mycotoxin Migration During the Parboiling of Rice

AUTORES
AUTHORS

Cláudia S.P. COELHO
Eliana Bodiale FURLONG
Tabajara L. ALMEIDA
Fundação Universidade do Rio Grande,
Departamento Química, Laboratório de Micotoxinas
e-mail: dqmebf@super.furg.br

RESUMO

No Brasil, o consumo do arroz branco polido é quase diário na dieta da população. No entanto, nos últimos anos, vem sendo observado um crescente aumento na demanda do arroz parboilizado. Países de origem asiática consomem este produto com freqüência e relatam problemas com contaminação fúngica e por micotoxinas. Condições de umidades relativas altas, que facilitam a contaminação fúngica, são encontradas no sul do Brasil, onde são freqüentes menções às perdas de safras. Para estudar a migração de micotoxinas no arroz durante a parboilização, o processo foi simulado com amostras de arroz contaminadas artificialmente com aflatoxinas B_1, B_2, G_1 e G_2 respectivamente nas seguintes concentrações: 29, 22, 20 e 6µg.kg^{-1}. As amostras já estavam naturalmente contaminadas com ocratoxina A. As condições empregadas nas três etapas do processo de parboilização foram: encharcamento (60°C/4 e 6 horas), autoclavagem (121°C/15 e 30 minutos) e secagem (60°C/6-7 horas). Foi constatado que houve migração das micotoxinas da casca para o endosperma amiláceo, nas seguintes proporções: 32% AFB_1, 44% AFB_2, 36% AFG_1 e 22% AFG_2. Após análise estatística (análise de variância e regressão linear), foi verificada a influência significativa dos efeitos isolados e combinados dos tempos de encharcamento e de autoclavagem e nos níveis de micotoxinas no produto final. Também foram obtidas equações preditórias para o comportamento das aflatoxinas (B_2 e G_2) e ocratoxina A em função dos tempos de encharcamento e de autoclavagem utilizados.

SUMMARY

In Brazil, polished rice is present almost every day in the population's diet. However, in the last few years, an increasing demand for parboiled rice has been observed. Asian countries are great consumers of parboiled rice and reports from that area have noted problems of fungal and mycotoxin contamination in this product. High moisture conditions, which facilitate contamination, are common in South Brazil, as are harvest losses. The present work studied the migration of mycotoxins during the parboiling process. The samples were contaminated with the aflatoxins in the following concentrations: 29µg.kg^{-1} AFB_1, 22µg.kg^{-1} AFB_2, 20µg.kg^{-1} AFG_1 and 6µg.kg^{-1} AFG_2. The rice samples were naturally contaminated with ochratoxin A. The conditions used during the 3 stages of the parboiling process were: soaking (60°C/4 and 6 hours), steaming (121°C/15 and 30 minutes) and drying (60°C/6-7 hours). The results showed a migration of mycotoxins according to the following distribution: 32% AFB_1, 44% AFB_2, 36% AFG_1 and 22% AFG_2. After a statistical evaluation (analysis of variance and linear regression) the influence of soaking and steaming on the mycotoxin levels in the final product was verified, as well as obtaining prediction models for aflatoxins (B_2 and G_2) and ochratoxin A as a function of soaking and steaming times.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDS

Arroz; Micotoxinas; Parboilização / Rice; Mycotoxins; Parboiling process.

Recebido / Received: 04/07/1998. Aprovado / Approved: 01/04/1999.

1. INTRODUÇÃO

O consumo anual de arroz no Brasil é de aproximadamente 12 milhões de toneladas, o que corresponde a 70kg/habitante/ano. O estado do Rio Grande do Sul consome 534 mil toneladas de arroz por ano, caracterizando-se por produzir um arroz de melhor qualidade e por apresentar a mais alta produtividade do País, além do fato de ter introduzido o processo de parboilização no Brasil (LUZ, TREPTOW, 1994, SAFRAS, MERCADO, 1998).

Nos últimos anos tem-se verificado um crescente aumento no consumo do arroz parboilizado, tanto no Brasil como também nos países asiáticos. No Rio Grande do Sul, o processo vem sendo cada vez mais empregado entre os beneficiadores de arroz, visando a minimização das quebras decorrentes de variedades inadequadas ou problemas durante o armazenamento, além de tornar o produto final mais nutritivo (AMATO, SILVEIRA FILHO, 1991, BANDARA *et al.*, 1991, RESNIK *et al.*, 1995, TONON *et al.,* 1996).

Os grãos são bastante susceptíveis às alterações durante sua produção e armazenamento. Dentre as mais comuns, destaca-se a contaminação fúngica, responsável por perdas na produtividade, valor nutricional e danos à saúde pública (LAZZARI, 1997).

Tendo em vista que as micotoxinas, quando presentes, encontram-se principalmente nas camadas mais externas dos grãos, a parboilização poderia possibilitar a migração destas toxinas para o interior dos mesmos. Então, ao contrário de outros processos de beneficiamento de cereais, a parboilização poderia aumentar a contaminação do produto final (LAZZARI, 1997).

Chama a atenção o fato de que a presença de micotoxinas em arroz parboilizado vem sendo citada em alguns trabalhos realizados nos países orientais, tais como Índia, Coréia, China e Japão. Em pesquisa realizada com produtos destinados ao consumo humano na região sul do Brasil, foram encontradas amostras de arroz integral, arroz parboilizado e farelo contaminados por aflatoxinas e ocratoxina A (CHANDRASEKHAR, CHATTOPADHYAY, 1990, RESNIK, 1995, TONON *et al.*, 1996, BADIALE-FURLONG *et al.*, 1998).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a migração de micotoxinas (aflatoxinas B_1, B_2, G_1 e G_2) para o endosperma amiláceo do grão de arroz durante o processo de parboilização.

2. METODOLOGIA

2.1 Matéria-prima (amostragem)

Amostras de arroz com casca, de diferentes variedades cultivadas na região, foram coletadas nos silos de cinco indústrias beneficiadoras locais, e inicialmente analisadas quanto à presença de micotoxinas. Após esta etapa, foram misturadas e homogeneizadas visando a obtenção de um "pool". Uma amostra representativa desta mistura de arroz foi descascada e triada quanto à presença de micotoxinas. O restante foi subdividido em porções de 200g de arroz com casca que foram embaladas em sacos plásticos para posteriormente serem utilizadas em processo de parboilização realizado no Laboratório de Micotoxinas da Fundação Universidade do Rio Grande.

2.2 Contaminação das amostras

Em cada experimento, oito lotes de 200g de arroz com casca foram distribuídos em recipientes que simularam os tanques de encharcamento utilizados na indústria, e cada um foi contaminado com volumes das aflatoxinas em estudo, de modo a perfazerem as seguintes concentrações: 29$\mu g.kg^{-1}$ AFB_1, 22$\mu g.kg^{-1}$ AFB_2, 20$\mu g.kg^{-1}$ AFG_1 e 6$\mu g.kg^{-1}$ AFG_2. Os recipientes foram cobertos com papel alumínio por um período de 24 horas para proporcionar a evaporação do solvente.

OBS: Como as amostras estavam naturalmente contaminadas com ocratoxina A (12$\mu g.kg^{-1}$), esta micotoxina não foi adicionada aos lotes.

2.3 Parboilização do arroz contaminado natural (ocratoxina A) e artificialmente (aflatoxinas B_1, B_2, G_1 e G_2)

As condições utilizadas nas 3 etapas do processo de parboilização, em escala-piloto foram:

- água destilada na proporção de 2:1 (v/p);
- encharcamento: 60°C/4 e 6 horas;
- autoclavagem: 121°C/1,1atm/ 15 e 30 minutos;
- secagem: 60°C/6,5 horas.

Foram utilizadas duplicatas para cada condição estudada e cada experimento foi repetido três vezes.

2.4 Determinação das aflatoxinas B_1, B_2, G_1 e G_2 e ocratoxina A

As amostras provenientes de cada experimento foram beneficiadas e submetidas à triagem e quantificação pelo multimétodo de camada delgada descrito por SOARES (1987), que, nas condições estudadas, apresentaram limites de detecção e teores de recuperação semelhante aos obtidos pelo autor da metodologia.

2.5 Análise estatística dos dados

Para avaliação dos resultados foi utilizado tratamento estatístico dos dados, com o auxílo do software *Statistics for windows* (versão 4.3), por meio de Análise de Variância (ANOVA/ MANOVA) e Regressão Linear.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Migração das micotoxinas

Para verificar se os parâmetros da parboilização estabelecidos influenciaram a migração das micotoxinas presentes nas amostras, contaminadas natural e artificialmente durante as parboilizações em laboratório, foi realizado um delineamento fatorial 2 X 2 X 5, cujos fatores (tempo de encharcamento, tempo de autoclavagem e micotoxinas) e seus diferentes níveis são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1. Fatores avaliados e seus níveis.

Fatores	Níveis
Tempo de encharcamento (hs)	4,0 - 6,0
Tempo de autoclavagem (min)	15,0 - 30,0
AFB_1, AFB_2, AFG_1, AFG_2 e ocratoxina A ($\mu g.kg^{-1}$)	29 - 22 - 20 - 6 - 12

Os resultados obtidos em todos os experimentos corresponderam aos teores ($\mu g.kg^{-}1$) das micotoxinas que migraram para o arroz beneficiado.

Após análise das amostras parboilizadas, sob diferentes condições estudadas, ficou constatada a ocorrência de migração das micotoxinas, adicionadas ou de ocorrência natural, para o endosperma amiláceo do arroz. A Figura 1 apresenta o percentual médio de migração destas toxinas.

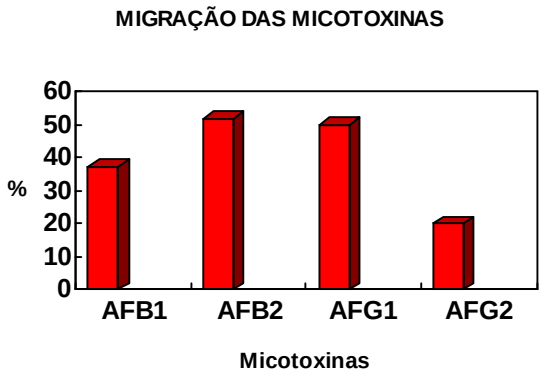


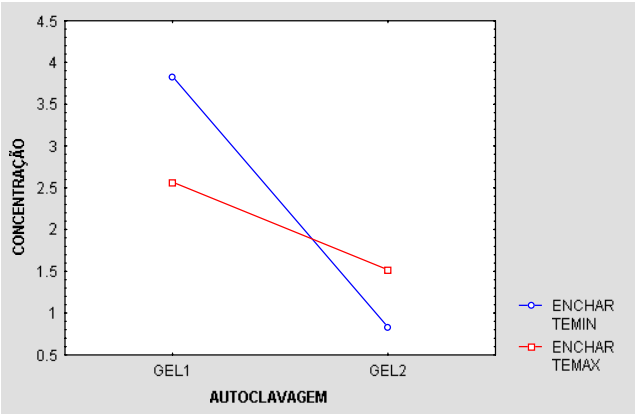
FIGURA 1. Percentual de migração das micotoxinas.

Os resultados obtidos permitiram observar que a ocratoxina A foi a toxina que apresentou a maior migração (66%). Isto pode ser atribuído à estrutura química desta toxina ou ao fato dela estar naturalmente presente na matéria-prima estudada. Os percentuais médios de migração para as aflatoxinas foram 32, 44, 36 e 22% respectivamente para B_1, B_2, G_1 e G_2.

Estes resultados foram submetidos à análise de variância cujas fontes básicas foram os parâmetros operacionais do processo de parboilização e as micotoxinas migradas. Para isto, a hipótese de nulidade (Ho), isto é, a hipótese de que não há diferença entre as médias das variáveis, para cada condição empregada, foi testada.

3.2 Análise de variância

A análise de variância permitiu concluir que houve diferença significativa, ao nível de 5%, para as interações encharcamento/autoclavagem, encharcamento/micotoxinas e autoclavagem/micotoxinas, de tal modo que as Figuras 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos para estas interações:

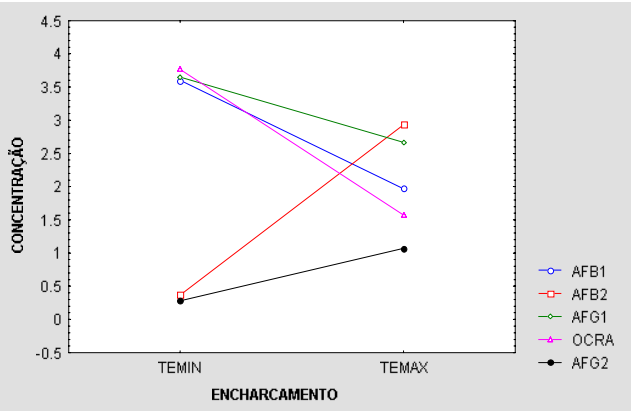


onde ENCHAR TEMIN = 4Hs; ENCHAR TEMAX = 6Hs; GEL1 = 15min.; GEL 2 = 30 min.; Concentração = conc. final das micotoxinas ($\mu g.Kg^{-1}$); autoclavagem = tempo de autoclavagem.

FIGURA 2. Influência do tempo de autoclavagem e do tempo de encharcamento na migração das micotoxinas.

A Figura 2 mostra a influência dos tempos de encharcamento e de autoclavagem sobre as concentrações das cinco micotoxinas estudadas, quando consideradas em conjunto. Os resultados indicam que pode-se verificar um aumento nas concentrações das micotoxinas quando forem empregados tempos maiores durante o encharcamento e a autoclavagem.

A Figura 3 mostra a influência dos tempos de encharcamento na migração de cada uma das micotoxinas, isoladamente:



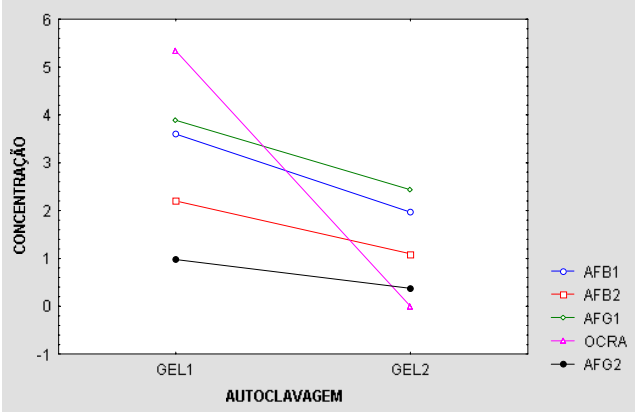
onde TEMIN = 4 Hs; TEMAX = 6 Hs; Concentração = conc. final das micotoxinas ($\mu g.Kg^{-1}$); encharcamento = tempo de encharcamento.

FIGURA 3. Interação entre o tempo de encharcamento e a migração das micotoxinas à temperatura de 60°C.

É interessante observar que as concentrações das aflatoxinas B_1, G_1 e ocratoxina A diminuíram à medida em que se aumentou o tempo de encharcamento e isto foi devido, provavelmente, à diluição destas micotoxinas quando foi atingido o equilíbrio durante o encharcamento. Outra possibilidade seria a própria facilidade de decomposição destas toxinas pela ação do calor em conseqüência de um maior tempo de exposição, fato este citado por SCOTT (1984).

As aflatoxinas B_2 e G_2 apresentaram um aumento significativo em suas concentrações no tempo de 6 horas de encharcamento. Provavelmente o fato destas toxinas estarem inicialmente em menores concentrações fez com que houvesse necessidade de um maior tempo de exposição para possibilitar a migração, pois possivelmente ocorreu uma competição entre as diferentes toxinas durante esta etapa do processo ou maior estabilidade térmica destas toxinas.

A Figura 4 apresenta o comportamento das micotoxinas em conseqüência das interações entre estas e os tempos de autoclavagem. Pode-se observar que, embora tenha ocorrido uma queda na concentração de todas as toxinas, apenas para a ocratoxina A esta diminuição foi significativa.



onde GEL1 = 15min.; GEL 2 = 30 min.; Concentração = conc. final das micotoxinas ($\mu g.Kg^{-1}$); autoclavagem = tempo de autoclavagem.

FIGURA 4. Interação entre o tempo de autoclavagem (gelatinização) e a migração das micotoxinas.

A degradação de micotoxinas em arroz durante a autoclavagem foi estudada por BASAPPA, SHANTHA (1996), que citam em seu trabalho uma diminuição de 72-82%. No caso do presente trabalho, a diminuição total nos níveis de toxinas atribuída à autoclavagem foi de 82% e, quando se passou de 15 para 30 minutos de autoclavagem, a redução foi de 36%.

As Figuras 5, 6 e 7, a seguir, mostram as superfícies de resposta e linhas de contorno para cada uma das micotoxinas e também para o conjunto destas toxinas, e seus comportamentos frente aos fatores tempos de autoclavagem e de encharcamento. Estas superfícies permitem observar o efeito significativo dos tempos de autoclavagem sobre as concentrações das toxinas, de modo que, ao se aumentar este tempo, tem-se sempre uma diminuição na concentração das micotoxinas, fato este já citado por alguns autores, entre eles SCOTT (1996) e TRENK *et al. apud* MILANEZ, LEITÃO (1996). Em relação ao efeito significativo dos tempos de encharcamento sobre as concentrações destas toxinas, pode-se observar uma diminuição nas concentrações das aflatoxinas B_1 e G_1 e ocratoxina A, enquanto para as aflatoxinas B_2 e G_2 e o conjunto de todas as toxinas foi verificado um aumento em suas concentrações. As linhas de contorno ilustram as faixas de operação para cada um destes fatores.

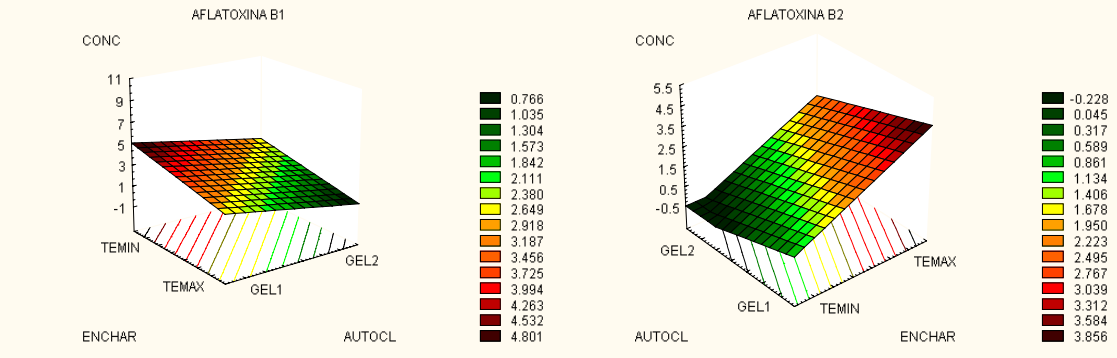


FIGURA 5. Superfícies de resposta para aflatoxinas B_1 e B_2 vs. tempos de encharcamento e de autoclavagem.

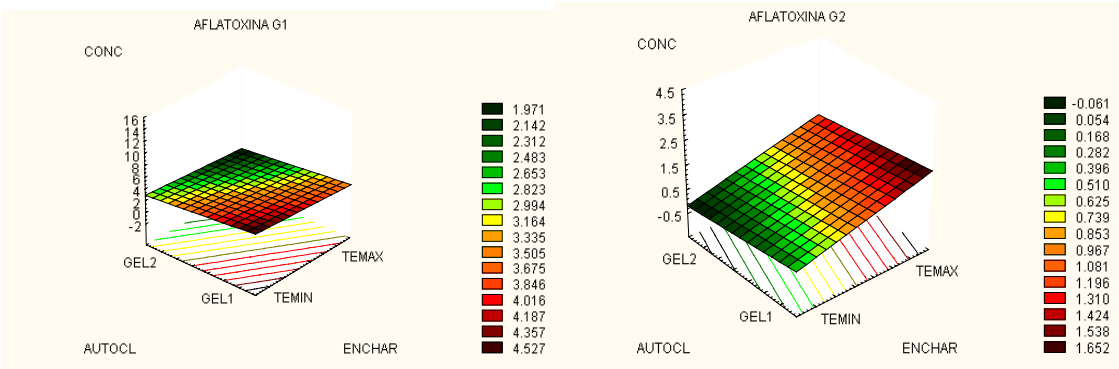


FIGURA 6. Superfícies de resposta para aflatoxinas G_1 e G_2 vs. tempos de encharcamento e de autoclavagem.

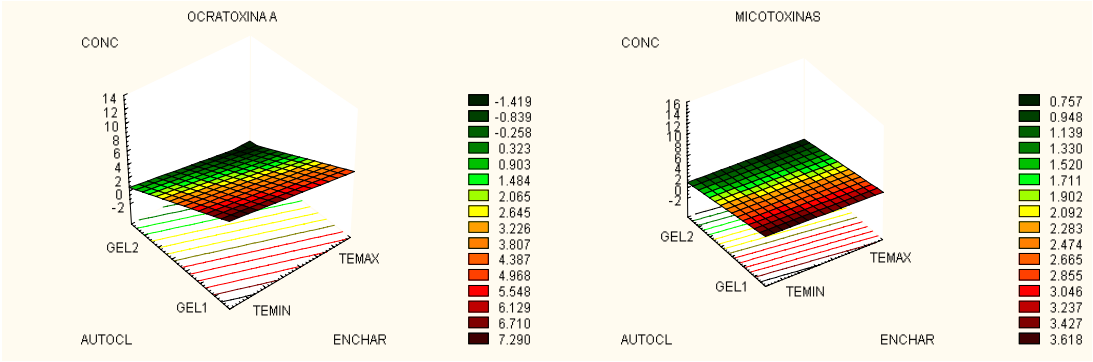


FIGURA 7. Superfícies de resposta para ocratoxina A e conjunto de micotoxinas vs. tempos de encharcamento e de autoclavagem.

3.3 Regressão linear

Os dados obtidos também foram analisados pela técnica estatística da regressão linear múltipla, com a finalidade de obter equações de relação entre a variável dependente "concentração das micotoxinas migradas" e as variáveis independentes "tempos de encharcamento e de autoclavagem".

Ao final da análise, foi possível obter equações preditórias para o comportamento da ocratoxina A, naturalmente presente, e aflatoxinas B_2 e G_2, adicionadas artificialmente durante as condições de parboilização estudadas. As equações são apresentadas a seguir:

* aflatoxina $B_2 \Rightarrow Y = -3{,}12 + 1{,}28$ ench. $- 0{,}07$ autocl.

* aflatoxina $G_2 \Rightarrow Y = -0{,}39 + 0{,}39$ ench. $- 0{,}39$ autocl.

* ocratoxina A $\Rightarrow Y = 16{,}16 - 1{,}09$ ench. $- 0{,}36$ autocl.,

onde Y, ench. e autoc. referem-se respectivamente aos $\mu g.kg^{-1}$ da micotoxina, e dos tempos de encharcamento e de autoclavagem.

Para estas micotoxinas, os valores dos coeficientes de regressão foram considerados bons (superiores a 50%), traduzindo-se em bons ajustes dos modelos obtidos. Já para as aflatoxinas B_1 e G_1, como os valores destes coeficientes foram inferiores a 50%, as equações de regressão não foram significativas.

Em relação aos três modelos obtidos, os fatores tempo de encharcamento e tempo de autoclavagem apresentaram um percentual de explicação de 43%, 57% e 53% respectivamente para as aflatoxinas B_2 e G_2, e ocratoxina A.

Embora estes valores possam parecer baixos, quando considerados em absoluto, são valores expressivos e muito úteis, na medida em que fornecem dados com respeito aos pontos mais críticos e passíveis de contaminação em uma linha de processamento de uma indústria de parboilização de arroz.

4. CONCLUSÕES

Nas condições empregadas durante as parboilizações realizadas em laboratório, foi verificada a migração das micotoxinas para o endosperma amiláceo do arroz, sendo que os percentuais médios de migração para cada uma das micotoxinas foram 66%, 32%, 44%, 36% e 22% respectivamente para ocratoxina A e aflatoxinas B_1, B_2, G_1 e G_2.

Foi verificado que o efeito combinado dos tempos de encharcamento e tempos de autoclavagem não mostraram um comportamento definido para todas as micotoxinas.

Foi possível obter equações preditórias para o comportamento das aflatoxinas (B_2 e G_2) e ocratoxina A em função dos tempos de encharcamento e de autoclavagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO, G.W., SILVEIRA FILHO, S. **Parboilização do arroz no Brasil**. Porto Alegre, CIENTEC, 1991. 98p.

BADIALE-FURLONG, E., SOARES, L.A.S., DADAULT, G. Micotoxinas em grãos e derivados destinados ao consumo humano na região sul do Rio Grande do Sul. Encontro Nacional de Micotoxinas, Florianópolis, SC. 1998. **Resumo.**

BANDARA, J.M.R.S., VITHANEGE, A.K., BEAN, G.A. Occurrence of aflatoxins in parboiled rice in Sri Lanka. **Mycopathologia, 116**:65-70, 1991.

BASAPPA, S.C., SHANTHA, T. Methods for detoxification of aflatoxins in foods and feeds - A critical appraisal. **J. Food Sci. Technol., 33**(2):95-107, 1996.

CHANDRASEKHAR, P.R., CHATTOPADHYAY, P.K. Studies on microstructural changes of parboiled and puffed rice. **Journal of Food Processing and Preservation**, **14**:27-37, 1990.

LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2ª ed. Curitiba, 1997. 148p.

LUZ, M.L.G.S., TREPTOW, R.O. Avaliação de preferência-consumo de arroz parboilizado e branco polido. **Bol. SBCTA, 28**(2):106-112, 1994_b.

MILANEZ, T., LEITÃO, F.F. The effect of cooking on ochratoxin A content of beans, variety "Carioca". **Food Additives and Contaminants, 13**(1):89-93, 1996.

RESNIK, S., COSTARRICA, M.L., PACIN, A. Mycotoxins in Latin America and the Caribeean. **Food Control, 6**(1):19-28, 1995.

SAFRAS & MERCADO. Publicação quinzenal sobre tendências de mercado. **ARROZ**. Porto Alegre, jan. 1998.

TONON, S.A., MARUCCI, R.S., JERKE, G., GARCÍA, A., VELLÓN, L., FERRERAS, J. Hongos contaminantes del arroz producido en la región central del Mercosur. **La Alimentación Latinoamericana, 214**:39-45, 1996.

SCOTT, P.M. Effects of food processing on mycotoxins. **Journal of Food Protection, 47**(6):489-499, 1984.

SCOTT, P.M. Effects of processing and detoxification treatments on ochratoxin A: introduction. **Food Additives and Contaminants, 13**:19-21, 1996.

SOARES, L.M.V. **Micotoxinas : um método para análise simultânea e incidência em alimentos comercializados na região de Campinas, São Paulo.** Campinas, 1987. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.