

DIFUSIVIDADE EFETIVA DO ARROZ PARBOILIZADO DURANTE A SECAGEM EM BANDEJA COM ESCOAMENTO PERPENDICULAR

Diego Batista Zeni¹, Ricardo Scherer Pandorf², Vinicius Guilherme Kiesow Macedo³, Manoel Artigas Schirmer⁴, Luiz Antonio de Almeida Pinto⁵, Moacir Cardoso Elias⁵.

Palavras chave: Parboilização, Ponto de umidade crítica, Taxa de umidade crítica.

INTRODUÇÃO

O grão de arroz é constituído de casca (22%), endosperma (70%) e camadas externas ao endosperma ou farelo (8%). A casca é constituída de celulose (25%), ligninas (30%), pentosanas (15%) e cinzas (21%), sendo esta ainda, constituída predominantemente de sílica (95%) (HOSENY, 1991). No endosperma, predomina o amido, representando até 94% do grão polido, seguido de pequenas proporções de proteína, gordura e fibra (AMATO & ELIAS, 2005).

O arroz branco, o parboilizado e o integral predominam nas formas de consumo. O processo de parboilização do arroz, através do encharcamento, com a migração de água para o interior do grão, e posterior autoclavagem, contribui para aumentar a retenção de vitaminas hidrossolúveis e sais minerais, evitando perdas no polimento do grão. Esse processo também promove a melhoria de parâmetros de qualidade física do grão, principalmente com a redução de grãos quebrados, uma característica favorável, que viabiliza a sua produção industrial. Tem como base o tratamento hidrotérmico do grão de arroz em casca, realizado em três operações unitárias: encharcamento ou maceração, gelatinização e secagem, para posterior descascamento, polimento e seleção do grão. A hidratação promove a entrada de água para o interior do grão, valendo-se da propriedade do amido de absorver cerca de 30% do seu peso em água, em temperatura inferior a gelatinização (ELIAS, SCHIAVON & OLIVEIRA, 2010).

Esse processo produz algumas alterações no grão de arroz, dentre as quais, cita-se o enriquecimento do grão polido em vitaminas e sais minerais, desestruturação do amido, inativação de enzimas, inativação de todos os processos biológicos do grão (germinação, proliferação de esporos de fungos e insetos), dissolução e redistribuição de substâncias lipossolúveis do gérmen e de camadas externas do endosperma, a exemplo dos glóbulos de gordura, e a separação e submersão de substâncias protéicas na massa compacta de amido gelatinizado (ELIAS, 2007; AMATO & ELIAS, 2005).

Segundo a literatura, algumas definições são importantes e básicas para o estudo e acompanhamento dos processos de secagem, tais como (STRUMILLO & KUDRA, 1986): Água ligada, é o líquido presente no material cuja pressão de vapor é menor do que aquela apresentada pelo mesmo quando em estado puro a mesma temperatura, o líquido pode se apresentar retido em pequenos capilares, como também ligado a estrutura química e/ou adsorvido fisicamente à superfície; Água não ligada, é o teor de umidade que corresponde à umidade de saturação presente no sólido, ou seja, é o líquido presente no material em sua forma pura.

Usualmente os dados de secagem são avaliados plotando-se a umidade (X) e o adimensional de água livre $[(X-X_E)/(X_0-X_E)]$ em função do tempo, em coordenadas lineares e semilogarítmicas. Plota-se também, a taxa de secagem (dX/dt ou N) em função da umidade (X). Através de estudos de pesquisadores, o processo de secagem pôde ser dividido em um período de taxa constante e um ou dois períodos de taxa decrescente. Na secagem de

¹ Engenheiro Agrícola Aluno de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial - DCTA, eng.diegozeni@gmail.com, Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, www.labgraos.com.br, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Campus Capão do Leão, Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

² Engenheiro Agrícola Aluno de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial – UFPel.

³ Aluno de Graduação da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPel.

⁴ Professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

⁵ Professor da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rio Grande – FURG.

alimentos, o período de taxa constante só tem relativa importância quando o teor de umidade inicial do sólido é muito alto ou quando o potencial de secagem do ar é muito baixo (CHIRIFE, 1983).

Um grande número de equações teóricas, semi-empíricas e empíricas tem sido proposto para a estimativa da umidade de equilíbrio de materiais biológicos. Os modelos teóricos não conseguem prever com precisão a umidade de equilíbrio para grãos em uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa do ar. Este fato motivou o aparecimento de modelos empíricos e semi-empíricos, na tentativa de aumentar a precisão na estimativa desta variável.

Objetivou-se, com o trabalho, determinar a difusividade efetiva do arroz parboilizado através da constante de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de arroz em casca, pertencentes à classe de grãos longo-finos, oriundas de cultivo irrigado da região Sul do Rio Grande do Sul. O arroz seco continha 13% de umidade (base úmida).

O processo de parboilização foi conduzido no laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas.

A temperatura da água (destilada) de encharcamento do grão de arroz foi de 60°C, no tempo de 240 minutos (4 horas), seguida de autoclavagem (110°C, 0,5 kg.cm⁻², por 10 minutos).

O processo de secagem foi conduzido no Laboratório de Operações Unitárias do Departamento Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rio Grande.

Foi utilizado um secador de bandeja perfurada com fluxo ar perpendicular dotado de ventilador centrífugo, resistências elétricas e termostato para controle da temperatura, sensores de temperatura, manômetros e placa de orifício para determinar a vazão.

A temperatura do ar na secagem foi de 70°C, por um período de 145 minutos (2,5 horas). O registro da massa da amostra durante a secagem foi a cada 5 minutos.

A análise estatística dos dados foi realizada através de regressão, sendo observada a homogeneidade das variâncias e a independência dos erros para validação dos testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do ar de secagem e do leito de arroz parboilizado são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características do ar e do leito de arroz parboilizado na secagem.

Temperatura do ar de secagem:	70,00 °C
Umidade relativa do ar de secagem:	8,2 %
Perda de carga na placa de orifício:	15,50 cm
Vazão do ar na secagem:	1,40 m ³ .min ⁻¹
Temperatura do ar (bulbo seco):	27,00 °C
Temperatura do ar (bulbo úmido):	23,00 °C
Umidade relativa do ar (UR):	71,50 %
Velocidade do ar dentro do secador:	1,04 m.s ⁻¹
Área da bandeja:	0,0225 m ²
Espessura da Camada (D):	0,0035 m
Esfericidade:	0,7

A Tabela 2 apresenta os valores da umidade inicial e final, os quais foram determinados através do método de estufa a 105°C por 24 horas, e a massa de sólido seco da amostra de arroz parboilizado.

Tabela 2: Umidade inicial e final e a massa de sólido seco da amostra de arroz parboilizado e umidade de equilíbrio do arroz para o ar de secagem a temperatura de 70°C e 8,2 % de umidade relativa.

Umidade inicial do arroz parboilizado	46,72 %
Umidade final do arroz parboilizado	7,24 %
Massa de sólido seco	82,07 g
Umidade de equilíbrio (X_E)	4,07 %

A umidade de equilíbrio apresentou um valor muito baixo, isso pode ter ocorrido devido aos modelos empíricos e semi-empíricos não se ajustarem a temperatura e umidade relativa do ar utilizada na secagem.

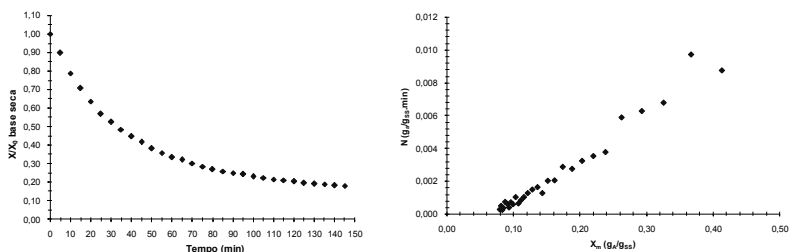


Figura 2: Gráficos do adimensional de umidade pelo tempo (A) e da de taxa de secagem por unidade de massa de sólido seco pela umidade média do arroz parboilizado (B).

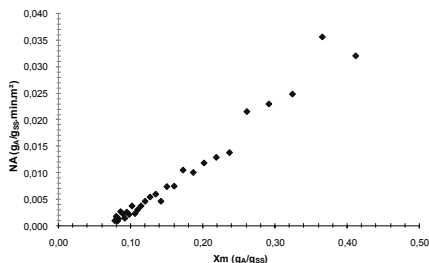


Figura 3: Gráfico da taxa de secagem por unidade de área de secagem pela umidade média do arroz parboilizado.

As Figuras 2 e 3 apresentam os gráficos de adimensional de umidade pelo tempo, taxa de secagem por unidade de massa de sólido seco pela umidade média do arroz parboilizado e taxa de secagem por unidade de área de secagem pela umidade média do arroz parboilizado, respectivamente. Foi possível localizar o ponto de umidade crítica e a taxa de umidade crítica. A partir destes valores, determinar o tempo teórico de secagem através do período da taxa constante e do período da taxa decrescente, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Ponto de umidade crítica, taxa de umidade crítica, tempo teórico de secagem, período da taxa constante e da taxa decrescente.

Ponto de umidade crítica	0,0971 g/g
Taxa de umidade crítica	0,00258 g _a /m ² .min
Tempo teórico de secagem	197,67 min
Período de taxa constante	104,26 min
Período de taxa decrescente	93,41 min

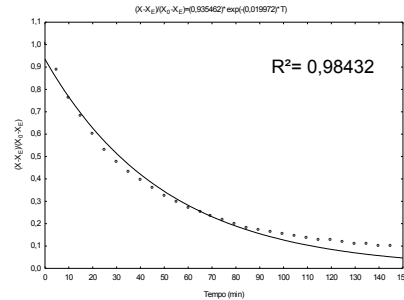


Figura 4: Gráfico da regressão para a obtenção da constante de secagem para arroz parboilizado.

Com os valores da constante de secagem (Figura 4), espessura da camada do leito (diâmetro da partícula) e a esfericidade do arroz (Tabela 1), obteve-se a difusividade efetiva do arroz parboilizado, apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Constante de secagem e difusividade efetiva do arroz parboilizado.

Constante de secagem (K):	0,017792	min ⁻¹
Difusividade efetiva (D _{ef}):	2,7052x10 ⁻⁰⁹	m ² .min ⁻¹

CONCLUSÃO

As curvas obtidas não permitiram definir com precisão o ponto de umidade crítica e a taxa de umidade crítica. A difusividade efetiva para o arroz parboilizado através da constante de secagem é de 2,7052x10⁻⁰⁹ m²/min.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO, G.W.; ELIAS, M.C. A Parboilização do Arroz. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor, 2005. v.1, 160p.
- AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. Arroz Parboilizado: Tecnologia Limpa, Produto Nobre. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002, 240p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz. Instrução normativa N° 6, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009.
- ELIAS, M. C. Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade. 1ª ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPEL, v.1, 2007, 424 p.
- ELIAS, M. C.; SCHIAVON, R. A.; OLIVEIRA, M. Aspectos científicos e operacionais na industrialização de arroz. Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2010. 543p.
- HOSENEY, R.C. Princípios de ciencia y tecnología de los cereales. Editoria Acribia, S.A.. Zaragoza. España, 1991. 320p.
- STRUMILLO, C.Z.; KUDRA, T. Drying: Principles, Applications and Design. In Hughes, R. Topics in Chemical Engineering. v.3, UK: Gordon and Breach Science Publisher, 1986.
- CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In: MUJUNDAR, A. Advances in drying. Washington/ New York/ London. Ed. Hemisphere Publishing Corporation, v.3, p. 73-102, 1983.