

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE FÍSICA EM GRÃOS DE MILHO DURANTE ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NATURAL E REFRIGERADO

LÉLIA VANESSA MILANE¹, PAULO C. CORADI², LUCAS J. CAMILO³, MARIA G.
O. ANDRADE³

¹ Estudante de Mestrado em Agronomia, UFMS/CPCS-MS

² Eng^o Agrícola, Professor Adjunto II, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, UFMS-MS,
Fone: (0XX67) 3562-6320, paulo.coradi@ufms.br

³ Estudante de Graduação em Agronomia, UFMS/CPCS-MS

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: Objetivou-se avaliar a qualidade física de grãos de milho após secagem com diferentes temperaturas do ar (80, 100 e 120 °C) e armazenados em ambientes natural e refrigerado, com temperaturas de 23 e 10 °C, respectivamente, ao longo de seis meses. O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos (CPCS/UFMS). Os grãos de milho foram colhidos com 18% (b.u.) de teor de água e secos até 12% (b.u.), com diferentes temperaturas do ar, em estufa de circulação forçada do ar e convecção. Em seguida os grãos foram armazenados em ambiente natural (23 °C) e refrigerado (10 °C). Nos tempos zero e seis meses de armazenamento foram feitas avaliações da massa específica aparente, comprimento, largura, espessura, volume, circularidade, esfericidade, germinação e condutividade elétrica dos grãos. A temperatura do ar de secagem com 80 °C foi a que menos afetou negativamente a qualidade física dos grãos de milho. O aumento do tempo de armazenamento influenciou na redução da qualidade dos grãos de milho. O armazenamento em ambiente refrigerado 10 °C manteve a qualidade física dos grãos de milho ao longo do tempo de armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE: resfriamento, secagem, temperatura.

ALTERATIONS IN THE PHYSICAL QUALITY OF CORN GRAINS DURING STORAGE IN NATURAL AND REFRIGERATED ENVIRONMENT

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the physical quality of grains after drying with different air temperatures (80, 100 and 120 °C) and stored in natural and refrigerated environments with temperatures of 23 and 10 °C, respectively, over six months. The experiment was conducted in Grain Postharvest Laboratory (CPCS/UFMS). The corn grains were harvested with 18% (w.b.) moisture content and dried to 12% (w.b.), with different air temperatures in forced air circulation oven and convection. Then the grains were stored in natural environment (23 °C) and refrigerated (10 °C). At zero and six months of storage were made assessments of the bulk density, length, width, thickness, volume, circularity, roundness, germination and electrical conductivity of the grains. The drying air temperature of 80 °C was less adversely affected the physical quality of corn grains. The increased storage time influence in reducing the quality of corn grains. Storage at 10 °C refrigerated environment kept physical quality of maize grains during the storage time.

KEYWORDS: cooling, drying, temperature.

INTRODUÇÃO

Os produtos agrícolas, como o milho é utilizado em larga escala em todo o mundo em função de seu alto valor alimentício, assim, com a utilização desse produto em larga escala é crescente a preocupação com seu armazenamento e conservação, e para a manutenção de sua qualidade, entre outras recomendações é necessário a priori que o produto seja colhido sadio e antecipadamente, tendo em vista, minimizar as perdas causadas no campo.

Após a colheita, toda a safra deve ser destinada a local de armazenamento, geralmente, quando produzidos em grande escala, os produtos são acondicionados em silos ou armazéns. Para a utilização das unidades armazenadoras os produtos agrícolas devem atender a uma margem de segurança quanto à umidade, pois o teor de água combinada com temperaturas elevadas intensifica o processo deterioração dos grãos armazenados (BORDIGNON, 2009).

A deterioração de grãos ocorre devido ao elevado teor de água, e entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetal, a secagem constitui uma das operações de suma importância (BORDIGNON, 2009).

As propriedades físicas dos produtos agrícolas têm seu uso irrestrito, podendo ser utilizado em estudos de aerodinâmica, na otimização dos processos industriais, projeto e dimensionamento de equipamentos empregados nas operações de colheita e pós-colheita (RESENDE et. al., 2008). Segundo ISIK et al. (2007) ressaltam que o conhecimento das características físicas em produtos granulares tem grande importância em estudos de transferência de calor e massa e movimentação de ar. Para PRADO et al. (2000), a contração volumétrica é promovida pela redução da tensão existente no interior das células devido à remoção da água durante a secagem. Segundo MATOUK et al. (2008) relatam que as mudanças volumétricas são a principal causa das alterações das propriedades físicas dos produtos agrícolas. BORDIGNON (2009) relata que a massa porosa de grãos tem relação intrínseca com a respiração de grãos, devido à utilização do oxigênio presente no espaço intergranular, além de influenciar na condutividade térmica, através da troca de calor entre as massas dos grãos.

Para a maioria dos produtos agrícolas, quando mal dimensionados os equipamentos pode gerar trincas, danos físicos, podendo levar a quebras dos grãos, conseqüentemente, uma redução nos preços de comercialização. A fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e melhoria da qualidade do produto processado, a determinação e o conhecimento do comportamento das propriedades dos grãos são os principais fatores a contribuir para o adequado desenvolvimento dos processos e simulações, que visem aperfeiçoar o sistema produtivo dessa cultura.

Dessa forma, a aplicação do conhecimento das propriedades físicas de grãos como a massa específica, tamanho e volume dos grãos é importante para o dimensionamento de máquinas utilizadas no processamento. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a qualidade física de grãos de milho após secagem com diferentes temperaturas do ar (80, 100 e 120 °C) e armazenados em ambientes natural e refrigerado, com temperaturas de 23 e 10 °C, respectivamente, ao longo de seis meses.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Câmpus de Chapadão do Sul (CPCS), Laboratório de Pós-Colheita de Grãos. Os grãos de milho foram colhidos com 18% (b.u.) de teor de água e secos até 12% (b.u), com diferentes temperaturas do ar (80, 100 e 120 °C), em estufa de circulação forçada do ar e convecção.

Em seguida os grãos foram armazenados em ambiente com temperatura de 23 °C e refrigerado com temperatura de 10 °C. No tempo zero e aos seis meses de armazenamento foram feitas amostragens dos grãos de milho para determinação da massa específica aparente, comprimento, largura, espessura, volume, circularidade, esfericidade, germinação e condutividade elétrica dos grãos. A massa específica aparente dos grãos foi determinada pela relação entre a massa de grãos e seu volume, equação (1).

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

em que,

ρ_{ap} : massa específica aparente do produto, em kg m⁻³

m: massa do produto, em kg

V: volume, em m³

O tamanho dos grãos (comprimento, largura e espessura) foi determinado medindo-se as dimensões de comprimento, largura e espessura de cada grão após armazenamento, com o auxílio de um paquímetro, com resolução de 0,01 mm (MOHSENIN, 1986). A determinação do volume (Vg) foi baseada na equação:

$$VG = \frac{\pi \cdot (a \cdot b \cdot c)}{6} \quad (2)$$

em que,

Vg: volume, mm³

A: comprimento, mm

B: largura, mm

C: espessura, mm

A esfericidade dos grãos de milho foi calculada, baseando-se na média geométrica dos três eixos perpendiculares ao corpo, em relação ao maior eixo, conforme a equação:

$$\Phi = \frac{(a \cdot b \cdot c)^{1/3}}{a} \quad (3)$$

em que,

Φ : esfericidade, adimensional

a: eixo maior, m

b: eixo médio, m

c: eixo menor, m

A circularidade (C) dos grãos de milho foi determinada pela seguinte expressão:

$$C = \frac{Ap}{Ac} \quad (4)$$

em que,

C: circularidade (adimensional);

Ap: é o diâmetro da maior circunferência escrita na projeção do projeto em repouso, e

Ac: é o diâmetro da menor circunferência escrita na projeção do projeto em repouso.

Após a secagem e ar armazenamento, os grãos de milho foram submetidos ao teste de condutividade elétrica para avaliar a condição física do produto. O método consistiu em utilizar 100 grãos de cada amostra, dividido-a em quatro repetições com 25 grãos colocados em copos de plástico. Após, pesou-se a amostra e adicionou-se 75 ml de água destilada em

cada repetição. As amostras prontas foram levadas para um germinador de sementes, ficando por 24 horas. Em seguida, procedeu-se à leitura em um condutivímetro digital portátil modelo CD-850 “Instrutherm” (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 30 sementes de cada tratamento, em rolos de tipo toalha de papel "germitest" no tipo germinator "Mangesdorf" set para manter uma temperatura constante de 25 ± 2 °C. A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco, visando o umedecimento adequado e, conseqüentemente, a padronização do teste. As interpretações foram feitas a partir do quarto dia após a semeadura até o 10º dia de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) (3x2x2), sendo os tratamentos, três temperaturas do ar de secagem (80, 100 e 120 °C), duas condições de armazenamento (natural 23 °C e refrigerado 10 °C). Os dados foram analisados por meio de análise de variância, utilizando-se o teste de média tukey a 1 e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observaram-se os resultados significativos ($p < 0,05$) das avaliações físicas de grãos milho após secagem com diferentes temperaturas do ar e submetidos ao armazenamento em ambientes natural e refrigerados, ao longo de seis meses. Verificou-se, que os grãos armazenados em ambiente natural aumentaram de comprimento e largura, ao longo do armazenamento, independente da temperatura de secagem. A secagem com temperatura de 120 °C foi a que mais influenciou na largura das sementes.

TABELA 1. Avaliações físicas em grãos de milho durante armazenamento em condições de ambiente natural e refrigerado

| Avaliações físicas | Condições de armazenamento | Temperatura do ar de secagem (°C) | | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 80 | | 100 | | 120 | |
| | | Tempo (meses) | | | | | |
| | | Zero | Seis | Zero | Seis | Zero | Seis |
| Comprimento (mm) | Natural 23 °C | 11,87 aA | 11,42 bA | 11,18 aA | 11,13 aA | 11,69 aA | 11,20 bA |
| | Refrigerado 10 °C | 11,87 aA | 11,34 bA | 11,18 aA | 11,19 aA | 11,69 aA | 11,49 aA |
| Largura (mm) | Natural 23 °C | 8,49 aA | 8,23 bA | 8,41 aA | 8,12 bB | 8,30 aA | 8,04 bA |
| | Refrigerado 10 °C | 8,49 aA | 8,17 bA | 8,41 aA | 8,31 aA | 8,30 aA | 8,03 bA |
| Espessura (mm) | Natural 23 °C | 4,59 aA | 4,73 aA | 4,62 aA | 4,63 aA | 4,81 aA | 4,69 aB |
| | Refrigerado 10 °C | 4,59 aA | 4,67 aA | 4,62 aA | 4,68 aA | 4,81 bA | 5,79 aA |
| Volume (mm ³) | Natural 23 °C | 242 aA | 233 aA | 227 aA | 219 aA | 244 aA | 221 aB |
| | Refrigerado 10 °C | 242 aA | 226 aA | 227 aA | 228 aA | 244 aA | 280 aA |
| Massa específica | Natural 23 °C | 802 aA | 702 bB | 788 aA | 711 bB | 781 aA | 712 bB |
| | Refrigerado 10 °C | 802 aA | 770 bA | 788 aA | 758 bA | 781 aA | 751 bA |
| Esferecidade (mm) | Natural 23 °C | 1,58 aA | 1,63 aA | 1,51 bA | 1,75 aA | 1,55 bA | 1,77 aA |
| | Refrigerado 10 °C | 1,58 aA | 1,66 aA | 1,51 aA | 1,56 aB | 1,55 bA | 1,65 aB |
| Circularidade (mm) | Natural 23 °C | 0,42 aA | 0,40 aA | 0,46 aA | 0,34 bB | 0,43 aA | 0,32 bB |
| | Refrigerado 10 °C | 0,42 aA | 0,385 aA | 0,46 aA | 0,42 aA | 0,43 aA | 0,38 bA |
| CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) | Natural 23 °C | 32,09 bA | 47,49 aA | 38,24 bA | 52,67 aA | 51,37 aA | 49,62 aA |
| | Refrigerado 10 °C | 32,09 aA | 19,63 aB | 38,24 aA | 26,17 aB | 51,37 aA | 28,86 bB |
| Germinação (%) | Natural 23 °C | 36,00 aA | 12,66 bB | 0,33 aA | 0,00 aA | 0,33 aA | 0,00 aA |
| | Refrigerado 10 °C | 36,00 aA | 27,0 aA | 0,33 aA | 0,33 aA | 0,33 aA | 0,00 aA |

Médias seguidas pela letra maiúscula na coluna para a condição de armazenamento, e letra minúscula na linha para os tempos de armazenamento, não diferem a 5% de probabilidade.

Segundo MAYOR e SERENO (2004) o processo de secagem proporciona a perda de água causando danos nas estruturas celulares do produto, com isto leva a mudanças na forma e decréscimo em suas dimensões. No entanto, não houve diferença significativa para a espessura e volume dos grãos. O aumento do tempo de armazenamento reduziu o índice de esfericidade e circularidade dos grãos para a condição de ambiente natural, enquanto que, para o armazenamento em ambiente refrigerado não houve alterações significativas. Entre os ambientes de armazenamento, observou-se que o refrigerado manteve as condições físicas iniciais dos grãos, a não ser para a secagem realizada com temperatura de 120 °C, quando o efeito da secagem sobressaiu-se em relação ao armazenamento.

Na avaliação da condutividade elétrica, observou-se aumento na quantidade de íons lixivados nos grãos armazenados na condição de ambiente natural, ao longo do tempo de armazenamento. Esse aumento foi mais intenso para os grãos secos a temperatura de 120 °C. Verificou-se que o ambiente refrigerado manteve a qualidade inicial dos grãos. Os danos em grãos a nível celular provocado pela retirada da água do seu interior, inicialmente pode causar alterações fisiológicas e bioquímicas que podem ser identificadas pelo teste de condutividade elétrica e não ser percebido claramente no teste de germinação (ULLMANN et al., 2010).

Para a avaliação da germinação dos grãos, verificou-se que a secagem com temperatura de 80 °C foi a que melhor conservou os grãos. A secagem com temperaturas do ar com 100 e 120 °C afetou 100% a germinação dos grãos. Apesar da secagem com temperatura de 80 °C ter sido a que apresentou melhor resultados, o aumento do tempo de armazenamento, reduziu a germinação dos grãos, sendo que os maiores efeitos foram observados na condição de armazenamento de ambiente natural. ALMEIDA (2010) observaram queda linear na germinação das sementes de cinco espécies oleaginosas (algodão, amendoim, soja, girassol e mamona), com o aumento do período de armazenamento, em condições ambientais. Os autores afirmaram que a qualidade fisiológica (germinação e vigor) das sementes de arroz, milho e feijão apresenta decréscimo ao longo do período de armazenamento.

O aumento da massa específica com a redução do teor de água vem sendo observado para vários produtos agrícolas por diversos pesquisadores, como: milho, alpiste e painço (CORRÊA et al., 2006), soja (RIBEIRO et al., 2005), feijão (RESENDE et al., 2008). RIBEIRO et al. (2005) utilizaram grãos de soja, variedade UFV 20, colhidos com teor de água de aproximadamente 45% (b.u.) e verificaram um aumento da massa específica unitária e da massa específica aparente com a redução do teor de água. No entanto, poucas informações existem quanto à diferença das massas específicas em função da temperatura do ar de secagem. Neste trabalho, observou-se na Tabela 1 que o aumento do tempo de armazenamento reduziu a massa específica dos grãos de milho, sendo mais intensa a redução nas condições de armazenamento em ambiente natural e para os grãos que passaram pela secagem na temperatura de 120 °C.

CONCLUSÕES

A temperatura do ar de secagem com 80 °C foi a que menos afetou negativamente a qualidade física dos grãos de milho.

O aumento do tempo de armazenamento influenciou na redução da qualidade física dos grãos de milho.

O armazenamento em ambiente refrigerado 10 °C manteve a qualidade física dos grãos de milho ao longo do tempo de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFMS e a FUNDECT - MS pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.A.C. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 189-202, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 2009. 395p.
- ISIK, E.; IZLI, N. Moisture physical and mechanic properties of dent corn (*Zea mays* var. *indentata* Sturt) seeds (Ada-523). **American Journal of Food Technology**, v. 2, n. 5, p. 342-353, 2007.
- CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D.M. Drying characteristics and kinetics of coffee berry. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2006.
- MAYOR, L.; SERENO, A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.373-386, 2004.
- MOSHENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986, 84p.
- MATOUK, A.M.; ABD EL-LATIF, S.M.; THARWAT, A. Physical properties of some oil producing crops. **Journal Agricultural scientific**, Mansoura, Egypt, v. 33, p. 4213-4233, 2008.
- POHNDORF, R.S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.
- PRADO, M.E.T.; ALONSO, L.F.T.; PARK, K.J. Shrinkage of dates (*Phoenix Dacyilyfera* L.) during drying. **Drying Technology**, New York, v. 18, n. 1, p. 295-310, 2000.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- RIBEIRO, D.M.; CORRÊA, P.C.; RODRIGUES, D.H.; GONELI, A.L.D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 611-617, 2005.
- ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J.F.; CHAVES, T.H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.442-447, 2010.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 1999. cap. 4, p.1-26.