

Avaliações de qualidade durante o armazenamento de grãos de milho submetidos à secagem intermitente em três temperaturas do ar (60, 70 e 80°C)¹

Edar Ferrari Filho², Rafael Friedrich de Lima³, Rafael Gomes Dionello⁴

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade química de grãos de milho, sendo os mesmos submetidos à secagem intermitente com diferentes temperaturas do ar, e armazenados por nove meses. Os grãos foram colhidos com umidade de 17,9%, oriundos de lavoura da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e secos até umidade de aproximadamente 13%, utilizando secador intermitente com uso de GLP nas temperaturas do ar de 60, 70 e 80°C. Foram realizadas análise física de umidade e químicas de proteína bruta, lipídeos, cinzas, carboidratos e acidez do óleo, no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, provenientes de amostragem realizada após a secagem, e a cada três meses por até nove meses de estocagem. A secagem intermitente em temperaturas do ar de até 80°C não causa danos imediatos qualitativos aos grãos de milho. As perdas de qualidade foram maiores após seis meses de armazenamento. Os grãos secados com temperatura de 80°C apresentou as menores perdas qualitativas durante os nove meses de armazenamento. O teor de lipídeos foi o constituinte químico que mais se degradou durante o armazenamento. Quanto maior o tempo de secagem, maior é o dano latente na qualidade química dos grãos de milho durante o armazenamento. Quanto maior a umidade dos grãos durante o armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desses grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Perdas qualitativas. Perdas quantitativas. GLP. Secagem de grãos.

Quality evaluations during storage of maize grains subjected to intermittent drying at three air temperatures (60, 70 and 80°C)

Abstract - The objective of this study was to evaluate the chemical quality of maize grains, which were subjected to intermittent drying at different air temperatures and stored for nine months. The grains were harvested at 17.9% moisture, tillage of the Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), and dried to moisture content of approximately 13% using flash dryer with use of LPG in air temperatures of 60, 70 and 80° C. Physical analysis of moisture and chemical Crude protein, lipid, ash, carbohydrate and oil acidity, Department of Animal Science, Faculty of Agronomy, UFRGS, from sampling performed after drying, and every three months for up to nine months of storage. The intermittent drying air temperatures up to 80°C did not cause quality of corn grains immediate damage. The quality losses were greater after six months of storage. Dried grains with temperatures of 80°C had the lowest quality loss during the nine months of storage. The lipid content was the chemical constituent that deteriorated most during storage. The longer the drying time is, the higher the latent damage in the chemical quality of maize grain during storage. The higher the grain moisture during storage, the greater the loss of quality of grain.

Key words: *Zea mays*. Qualitative losses. Quantitative losses. LPG. Grain drying.

¹ Manuscrito recebido em 05/08/2013 e aceito para publicação em 27/10/2014.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com

⁴ Professor Adjunto, Doutor, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafdionello@hotmail.com.

Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 81,51 milhões de toneladas na safra 2012/2013, e com uma estimativa de colheita de aproximadamente 78 milhões de toneladas na safra 2013/2014. O Rio Grande do Sul produziu 5,38 milhões de toneladas de milho, com uma estimativa de colheita de aproximadamente 4,98 milhões de toneladas na safra 2013/2014, com uma redução de 7,5% em relação à safra 2012/2013 devido às estiagens de chuva. Por outro lado o estado do Paraná produziu 17,64 milhões e do Mato Grosso, 19,89 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

Conforme Prado e Prado (2012), o milho é extremamente importante, pois existem aproximadamente 90 diferentes produtos derivados, sendo os principais grits, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras, sendo que o amido pode ser convertido em xaropes e modificado em dextrinas e amidos especiais.

A secagem de grãos é uma das operações mais importantes nas etapas de pós-colheita de grãos. O sistema de secagem intermitente caracteriza-se pelo fato de o grão ser submetido à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos regulares de tempo, intercalados com períodos em que não há circulação de ar, quando o grão permanece na câmara de repouso ou equalização. Durante esse último período, ocorre homogeneização da umidade, pela migração de água do interior para a superfície do grão. Assim, a água é facilmente evaporada e transferida para o ar no momento da passagem seguinte pela câmara de secagem. Essa migração interna da água, juntamente com a passagem por elevadores e tubulações, causa resfriamento dos grãos, que permite o uso de temperatura mais elevada no ar de secagem (ELIAS e OLIVEIRA, 2009).

Portanto, de acordo com o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito imediatos e latentes da temperatura do ar (60; 70 e 80°C), na secagem intermitente com uso de GLP (gás liquefeito de petróleo), na qualidade química de grãos de milho, em intervalos de três meses, durante nove meses de armazenamento,

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivados na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio

Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul/RS (30°05'52''S; 51°39'08''W).

Colheita e Secagem

As espigas foram colhidas, com umidade de 17,9% em base úmida (% b.u.), debulhadas em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado, sendo os grãos posteriormente limpos em máquina de ar e peneiras planas, para retirada de impurezas, grãos quebrados e matérias estranhas. Em seguida, divididos em três tratamentos de secagem (S_1, S_2, S_3): S_1 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 60°C; S_2 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 70°C; S_3 – Secagem intermitente, com ar aquecido, a 80°C.

A temperatura do ar de secagem foi controlada por sensor localizado na tubulação da saída do ar do ventilador para a câmara de secagem. A velocidade do ar de secagem foi medida utilizando-se anemômetro de pás rotativas.

Durante as operações de secagem (S_1 a S_3), foi realizado o acompanhamento da umidade com determinador dielétrico (GEOLE), previamente aferido pelo método da estufa, sendo retiradas amostras em intervalos de tempo, para que a secagem fosse realizada até os grãos atingirem umidade próxima a 13%. Ao final das operações e a partir daí, todas as determinações de umidade foram feitas em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar (BRASIL, 2009). A temperatura da massa de grãos foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, coletando-se amostras na parte inferior do secador, colocando-as em copos plásticos e após três minutos, determinados os resultados.

Os grãos foram secos até teor de água respectivamente de 13,65%, 13,47% e 12,85% em b.u.; foram utilizadas velocidade do ar de secagem respectivamente de $64,0 \text{ m s}^{-1}$; $75,0 \text{ m s}^{-1}$ e $73,0 \text{ m s}^{-1}$, para os tratamentos S_1 a S_3 . Para cada tratamento, foram realizadas três repetições e foram secos 93 sacos em cada repetição de cada tratamento.

Armazenamento

Após a secagem, os grãos foram armazenados a granel em silos secadores. Para ambos os estudos, durante o armazenamento, foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar (Figura 1), através de dados obtidos na Base Meteorológica do Departamento de

Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, localizado na EEA/UFRGS.

Aos seis meses de armazenamento, foi realizada operação de expurgo, depois de constatada a presença de insetos da espécie *Sitophilus zeamais*, com a aplicação de pastilhas de fosfeto de alumínio (nome comercial, Gastoxim), na dosagem de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico.

Condições ambientais durante o armazenamento

Na Figura 1, podem-se visualizar os valores das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorridas entre os meses de abril a dezembro de 2009, na EEA/UFRGS, local onde os estudos foram conduzidos.

A coleta das amostras nos grãos a granel, durante o armazenamento, foram realizadas com auxílio de calador ou sonda, com cerca de 10 kg em cada amostragem, de cada repetição, oriundos dos grãos que constituíam a unidade experimental piloto de cada tratamento (600 kg). As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento posterior à secagem e, a partir desse momento, a cada três meses. Também foram realizadas as análises antes da secagem, com os grãos in natura.

A determinação da umidade foi pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A determinação de carboidratos foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100 o somatório dos teores determinados para proteína, lipídeos e cinzas. O teor de proteína bruta foi obtido pelo método *Kjeldahl*, descrito pela A. A. C. C. (2000). A extração e a determinação do teor de lipídeos foram realizadas conforme o método A.O.C.S. (1996), com a utilização do aparelho *Soxhlet*. O teor de cinzas ou matéria mineral foi determinado conforme, descrito na A.O.A.C. (1997), com incineração prévia e calcinação em mufla a $560\text{-}580^\circ\text{C}$, até peso constante. Os resultados de carboidratos, proteína, lipídeos e cinzas, foram expressos em base seca. O teor da acidez do óleo, em ácido oleico, foi determinado de acordo com o método descrito na A.O.C.S. (1996).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 3×4 sendo: três temperaturas do ar de

secagem (S_1 a S_3); e quatro tempos de armazenamento (pós-secagem, três, seis e nove), com três repetições para cada tratamento, sendo as análises realizadas em triplicatas, para cada repetição. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do Aplicativo Computacional em Estatística Aplicada à Genética – GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

A composição físico-química dos grãos de milho após a colheita e pré-limpeza e antes da secagem é a seguinte: umidade inicial dos grãos de milho foi de 17,9%; os valores em porcentagem das análises químicas foram 83,11% de carboidratos, 10,33% de proteína bruta, 5,11% de lipídeos; 1,45% de cinzas e acidez de 0,44% de ácido oleico. Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios de umidade dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de 60, 70 e 80°C , e armazenados a granel por nove meses.

Os resultados apresentados na Tabela 1 demonstram que os grãos foram secos até umidades de 13,65; 13,47 e 12,85 % nas secagens intermitentes com 60, 70 e 80°C , respectivamente. Houve um aumento significativo da umidade dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico. A umidade média mensal do ar durante o armazenamento foi sempre superior a 80% (Figura 1), o que favoreceu o equilíbrio higroscópico em umidades maiores. Nos três últimos meses de armazenamento, ocorreu uma redução das temperaturas médias e um aumento da umidade relativa média, o que pode ter favorecido este maior ganho de umidade nos grãos com maior teor inicial de água. O tratamento secagem em temperatura de 80°C teve uma redução significativa da umidade, dos seis aos nove meses de armazenamento.

Os tratamentos secagem em temperatura de 60 e 70°C apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si, aos nove meses de armazenamento. Esses maiores teores de umidade provavelmente tenham ocorrido pela maior capacidade de absorção que apresentaram esses grãos durante o armazenamento, visto que os mesmos apresentaram umidade inicial superior aos grãos secos em temperatura do ar de 80°C . A

capacidade de adsorção é maior para grãos com maior umidade inicial.

Os grãos de milho são organismos vivos possuidores de constituição química específica e estrutura interna porosa que lhes conferem características higroscópicas e de má condutibilidade térmica, continuando o processo respiratório mesmo após a colheita. Através dos espaços intergranulares da massa de grãos, durante o armazenamento, permanecem em constantes trocas de calor e umidade com o ar ambiente (ELIAS e OLIVEIRA, 2009). As trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar. Esse efeito da perda ou ganho de água em função das condições ambientais também foi observado por outros autores durante o armazenamento (ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

O processo ocorre por sorção ou desorção de umidade pelos grãos, em função do diferencial de pressão de vapor de água e/ou de temperatura entre esses e a atmosfera intergranular.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios de proteína bruta dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados apresentados permitem observar que ocorreram diferenças significativas de perdas de proteína ao longo do armazenamento para todos os tratamentos, sendo que estas foram de 10,82; 9,67 e 9,22% para secagem com temperatura do ar de 60, 70 e 80°C, respectivamente. Todos os tratamentos tiveram reduções no seu percentual de proteína, durante o armazenamento, em função das características químicas intrínsecas de degradação e/ou de requerimento dos seus constituintes, frente aos fatores físico-químicos e biológicos das condições de armazenamento.

As variações de perdas de proteínas ocorreram entre três e seis meses de armazenamento e após se mantiveram até os nove meses. As menores perdas ao longo do trabalho foram para os grãos secos em temperaturas do ar de 80°C (9,2%), apresentando-se estatisticamente superiores aos grãos secos nas temperaturas de 60 (10,82%) e 70°C (9,67%). Essa maior perda de proteína nos tratamentos submetidos à secagem em temperaturas de 60 e 70°C provavelmente tenha ocorrido em função da elevada umidade de armazenamento destes grãos durante o período de

estocagem, o que levou a uma maior taxa respiratória dos grãos e por consequência uma maior perda proteica e de qualidade. A temperatura de secagem não influenciou os valores iniciais de proteína, a temperatura da massa de grãos não ultrapassou 40 °C em nenhum momento durante a secagem. Estudos têm mostrado que o milho cuja temperatura da massa ultrapassar 60 °C tem seu valor energético diminuído, além de sofrer perdas de palatabilidade (SILVA et al., 2000). Ainda, segundo o mesmo autor, na secagem em altas temperaturas, quando a temperatura da massa de grãos estiver acima de 60 °C, o endosperma dos grãos sofre alterações químicas. Oliveira et al. (2010), ao estudarem o efeito de temperaturas do ar de 25, 50, 75 e 100°C na secagem de aveia branca, observaram que houve diminuição do teor de proteína nas temperaturas acima de 25°C e diminuição no desempenho fisiológico (germinação e vigor).

A menor perda de proteínas no tratamento 80°C pode estar relacionada com o tempo de secagem, ou seja, o tratamento nessa temperatura foi o tratamento com a secagem mais rápida, o que pode ter levado a uma menor degradação ou desnaturação das proteínas do milho. Odjo et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes temperaturas (60, 80, 100 e 120°C) na secagem de milho, observaram uma maior desnaturação de proteínas, nos tratamentos com temperaturas mais baixas de secagem, ou seja, maior tempo de secagem, semelhante ao que foi observado para os tratamentos secagem intermitente em temperatura de 60 e 70°C.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios do teor de lipídeos dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados mostram que todos os tratamentos apresentaram perdas de lipídeos entre o início e o final do armazenamento, sendo que essas foram de 14,48; 21,96 e 15,99% para secagem com ar em temperatura de 60, 70 e 80°C, respectivamente. Pode-se observar também que a maior degradação de gordura bruta ocorreu de forma geral a partir dos seis meses de armazenamento para todos os tratamentos, período em que ocorreu uma maior variação de umidade, principalmente nos grãos secos em temperaturas de 70 e 80°C, levando a um aumento na taxa respiratória, maior necessidade de consumo de reservas por parte dos grãos e maiores perdas qualitativas.

Conforme Rupollo et al. (2004), os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos de milho durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais. As ações das lipases, galactolipases e fosfolipases dos próprios grãos e das produzidas pela microflora associada contribuem para o rompimento das ligações éster dos glicerídeos neutros e dos fosfolipídeos, aumentando o teor de ácidos graxos livres.

Em um trabalho com secagem intermitente de aveia, Simioni et al. (2007) observaram que as temperaturas 60, 85 e 110°C não provocaram diferença nos teores de lipídios. As maiores diferenças encontradas pelos autores foram em função do tempo de armazenamento.

Christensen e Kaufman (1965), citados por Krabbe (1995), relatam que os fungos produzem lipases, que degradam a gordura dos cereais a ácidos graxos livres, os quais são usados como fonte de energia para eles mesmos, no seu próprio metabolismo.

Conforme Rupollo et al. (2004), a perda de gordura que ocorre durante o armazenamento é devido a processos bioquímicos, como a respiração ou processos oxidativos, resultando na diminuição de lipídeos. O mesmo autor em um trabalho com aveia armazenada de forma hermética e em sistema não hermético (granel), em umidades de 8, 11 e 14%, durante 12 meses, não observou efeito significativo do teor de umidade ou do sistema de armazenamento, apenas do tempo de armazenamento onde o teor de gordura variou significativamente. Resultados semelhantes aos encontrados por Elias et al. (2009), quando estudaram o armazenamento de grãos de trigo.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios do teor cinzas dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Os resultados demonstram que todos os tratamentos apresentaram aumento no teor de cinzas ao final dos nove meses de armazenamento, sendo de 54,33; 24,26 e 7,04% para secagem com 60, 70 e 80°C, respectivamente. Segundo Salunkhe et al. (1985), o conteúdo de cinzas, representado pelo teor de cinzas, é dos constituintes químicos dos grãos de milho, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO₂,

água e outros produtos, com liberação de calor, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida. As menores perdas durante nove meses de armazenamento foram para os grãos secos em temperatura do ar de 80°C, conforme já mostrado também nos resultados de proteína, o que pode ser explicado pela maior velocidade de secagem, causando menor dano latente aos grãos de milho, do que nos demais tratamentos de secagem, que apresentaram maior tempo de secagem.

Conforme Deliberali et al. (2010), não foi observada diferença nos valores de cinzas em grãos de trigo em função do método de secagem utilizado (estacionário a 45°C e intermitente a 65°C), porém, observaram aumento durante o tempo de estocagem. Os autores afirmam que o aumento foi decorrente do consumo de componentes orgânicos pelo metabolismo dos próprios grãos.

Esse aumento do teor de cinzas também foi verificado por outros autores: Elias et al. (2009), quando avaliou o armazenamento de grãos de trigo, e Schuh et al. (2011), durante armazenamento de grãos de milho.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados médios de carboidratos dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Através dos resultados mostrados, pode-se observar que o teor de carboidratos aumentou ao longo do tempo. Trata-se de aumento, aparente ou relativo, uma vez que decorre da diminuição entre as frações proteína e lipídeos durante o armazenamento. Essa variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete uma relação proporcional, em consequência do requerimento de constituintes dessa fração no metabolismo intrínseco dos grãos, de microrganismos e pragas associados, além do fato de serem esses constituintes bastante suscetíveis a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante o armazenamento.

Os carboidratos são constituintes dos grãos diretamente consumidos pelo próprio metabolismo e por microrganismos associados, refletindo-se em decréscimo real do seu conteúdo total durante o armazenamento (SALUNKHE et al., 1985). A maior proporção relativa de carboidratos dos grãos de milho, as maiores

perdas das frações proteína e lipídeos, a forma de expressão percentual e o critério de determinação proximal conduzem ao comportamento observado, onde as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos desses compostos nos grãos durante o armazenamento (ELIAS et al., 2008).

Na Tabela 6 são apresentados os resultados médios de acidez do óleo em ácido oleico dos grãos de milho, submetidos à secagem intermitente com temperatura do ar de secagem de 60, 70 e 80°C, e armazenados por nove meses. Pelos resultados apresentados, pode-se observar que entre zero e seis meses de armazenamento o valor de acidez não variou significativamente.

A partir dos seis meses de armazenamento o valor variou significativamente para todos os tratamentos. Ao longo do armazenamento, a tendência foi que os tratamentos não diferiram entre si, com exceção aos seis meses de armazenamento. No final da estocagem, os tratamentos não diferiram estatisticamente. Segundo Pomeranz (1974), o aumento dos valores de acidez está relacionado diretamente com a atividade catalítica das lipases produzidas por microrganismos, e/ou pelo próprio grão, ocasionando o desenvolvimento da rancidez durante a estocagem. A acidez do óleo aumenta com a deterioração dos grãos no armazenamento, sendo o aumento utilizado como parâmetro de conservabilidade.

Deliberali et al. (2010) verificaram aumento de acidez em grãos de aveia durante ao armazenamento, quando submetidos ao processo de secagem estacionário em relação a secagem intermitente. Os autores atribuíram o maior tempo de exposição ao calor como causa principal para esse aumento, o que pode ter ocorrido neste trabalho na temperatura de 60°C, dos seis para os nove meses de estocagem.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolipídios, predispõe à deterioração da matéria graxa, por via hidrolítica oxidativa ou cetônica. As lipoxidases constituem o grupo das enzimas mais ativas no processo de oxidação de lipídeos, podendo ter origem nos próprios grãos ou serem produzidas por microrganismos, ácaros e/ou insetos associados. A redução do teor de lipídeos e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos.

A avaliação desses índices constitui-se um eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento

(SALUNKHE et al., 1985; RUPOLLO et al., 2004; ELIAS et al., 2008; ELIAS et al., 2009).

Conclusões

A secagem intermitente em temperaturas do ar de secagem de até 80°C não causa danos imediatos qualitativos aos grãos de milho.

As perdas de qualidade foram maiores após seis meses de armazenamento.

A secagem em temperatura de 80°C apresentou as menores perdas qualitativas durante o período de estocagem.

O teor de lipídeos foi o constituinte químico que mais se degradou durante o armazenamento dos grãos de milho.

Quanto maior o tempo de secagem, maior é o dano latente na qualidade química dos grãos de milho durante o armazenamento.

Quanto maior a umidade dos grãos durante o armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desses grãos.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Supergasbrás.

Referências

ALENCAR, E. R. de.; FARONI, L. R. D.; LACERDA FILHO, A. F. et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods AACC**. 10. ed. St. Paul, 2000.

AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of American Oil Chemistry Society**. New York, D.C., 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16. ed. Arlington, 1997. 2 v.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Indicadores da agropecuária**. Disponível em: <http://www.conab.org.br>. Acesso em: 10 de ago. 2014.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: (Versão Windows), aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.
- DELIBERALI, J. et al. Efeito de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1285-1292, set./out. 2010.
- ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J. et al. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p. 35-46, 2008.
- _____. ; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C. et al. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, jan./fev. 2009.
- _____. ; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Santa Cruz, 2009. 430 p.
- KRABBE, E. L. **Efeitos do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso de ácido propiônico sobre as características nutricionais e o desempenho de frangos de corte**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 176 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995.
- ODJO, S. et al. Influence of drying and hydrothermal treatment of corn on the denaturation of salt-soluble proteins and color parameters. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 561-570, 2012.
- OLIVEIRA, L. C. et al. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 313-319, mar./abr. 2010.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CRISTENSEM, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC, 1974. p. 56-114.
- PRADO, E. V.; PRADO, F. T. M. Viabilidade econômica da secagem do farelo de milho degerminado usando GLP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 21, n. 1, p. 38-45, jul. 2012.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L. J. et al. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Maize. In: POSTHARVEST biotechnology of cereals. Boca Raton: CRC, 1985. p. 127-146.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: _____. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 107-138.
- SIMIONI, D. et al. Secagem intermitente e armazenamento de aveia cultivar UPFA 20 Teixeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 211-217, abr./jun. 2007.

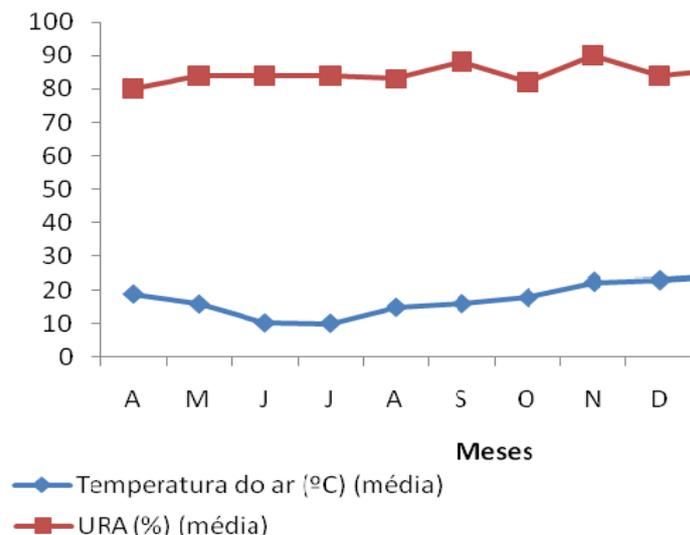


Figura 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante os nove meses de armazenamento dos grãos de milho submetidos à secagem intermitente em diferentes temperaturas do ar de secagem.

Tabela 1 - Umidade (%) em grãos de milho, armazenados no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 13,65 a	B 13,94 a	B 14,10 a	A 14,46 a
SI-70°C ³	B 13,47 a	B 13,77 a	B 13,71 a	A 14,23 a
SI-80°C ⁴	A 12,85 b	A 13,47 a	A 12,98 b	B 12,11 b

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 4 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60 °C. 3 – Secagem Intermitente a 70 °C. 4 – Secagem Intermitente a 80 °C.

Tabela 2 - Proteína Bruta (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	A 10,35 b	A 10,53 a	B 9,63 a	B 9,78 a
SI-70°C ³	A 10,34 b	AB 9,99 b	B 9,83 a	B 9,85 a
SI-80°C ⁴	A 10,84 a	A 10,56 a	B 9,58 a	B 9,78 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60 °C. 3 – Secagem Intermitente a 70 °C. 4 – Secagem Intermitente a 80 °C.

Tabela 3 - Teor de lipídeos (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	A 5,32 a	A 5,80 a	A 5,26 a	B 4,55 a
SI-70°C ³	A 5,74 a	A 5,63 a	B 5,29 a	C 4,48 a
SI-80°C ⁴	A 5,63 a	A 5,31 a	B 4,75 b	B 4,73 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 4 - Cinzas (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	D 1,27 b	C 1,38 b	B 1,54 b	A 1,96 a
SI-70°C ³	C 1,36 a	C 1,43 ab	A 1,62 a	A 1,69 b
SI-80°C ⁴	A 1,42 a	A 1,46 a	A 1,46 c	A 1,52 c

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 5 - Carboidratos (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 83,03 a	A 83,77 a	A 83,77 a	A 83,14 b
SI-70°C ³	B 83,74 a	B 83,43 a	C 81,10 b	A 84,33 a
SI-80°C ⁴	C 81,41 b	B 82,35 b	A 84,01 a	A 84,27 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.

Tabela 6 - Acidez do óleo em ácido oleico (%) em grãos de milho, armazenados secos no sistema a granel, após a secagem, e ao longo de nove meses de armazenamento¹.

Tratamentos	0	3	6	9
SI-60°C ²	B 0,40 a	B 0,33 a	B 0,32 b	A 0,86 a
SI-70°C ³	B 0,39 a	B 0,43 a	B 0,47 a	A 0,86 a
SI-80°C ⁴	B 0,41 a	C 0,30 a	B 0,47 a	A 0,82 a

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem Intermitente a 60°C. 3 – Secagem Intermitente a 70°C. 4 – Secagem Intermitente a 80°C.