

Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento

Evaluation of the use of organic acids in the conservation of sorghum grains (*Sorghum bicolor* L. Moench) during storage

Moacir Cardoso Elias¹; Rafael Gomes Dionello^{2*}; Flávio João Forlin³;
Maurício de Oliveira⁴; Jonis Gelain⁵; Marcelo Zafalon Peter⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar a utilização de ácidos orgânicos no armazenamento de grãos de sorgo, como alternativa eficiente para pequenos e médios produtores, que não dispõem de estruturas de secagem artificial e armazenamento tecnificado. Os grãos foram armazenados a granel, em caixas de madeira, por seis meses, consistindo de cinco tratamentos: I) grãos secos (13,15% de umidade), sem incorporação de ácidos; II) grãos úmidos (21,54% de umidade), sem incorporação de ácidos; II-A; II-P e II-M, sendo os três últimos grãos úmidos (21,54% de umidade), com incorporação de ácido acético, de ácido propiônico e da mistura de ambos, na proporção 1:1, respectivamente, na dosagem de 2 kg de ácido por 100 kg de grãos. Aos 1, 60, 120 e 180 dias de armazenamento dos grãos foram avaliados umidade, proteína bruta, extrato etéreo, material mineral, carboidratos, peso volumétrico e incidência de insetos. Para armazenagem por 180 dias, nas mesmas condições ambientais, conclui-se que: 1) a incorporação de ácidos no momento do armazenamento de grãos de sorgo úmidos pode exercer efeitos conservativos superiores quando comparados com grãos secos; 2) a mistura dos ácidos propiciou maior conservação qualiquantitativa dos grãos, sendo seguida pelo ácido propiônico e pelo acético, respectivamente; 3) o armazenamento de grãos úmidos, sem adição dos ácidos, não possibilita boa conservação dos grãos, nem mesmo por período inferior a 60 dias.

Palavras-chave: Conservação, ácido acético, ácido propiônico, armazenamento

Abstract

The objective of this work was to study the use of organic acids in storage of sorghum grains, as an efficient alternative for small and medium producers, that lack structures for artificial drying and technical storage. The grains were stored in bulk in wood boxes, for six months, consisting of five treatments: I) dried grains (13.15% of moisture), without incorporation of acids; II) humid grains (21.54% of moisture) without incorporation of acids; II-A; II-P and II-M, the latter three, with incorporation of acetic acid, propionic and the mixture of both, in the proportion of 1:1, respectively, in the dosis of 2 kg of acid per 100

¹ Prof. Dr. Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

² Prof. Dr. Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: rafldionello@hotmail.com;

³ Mestre no DCTA-FAEM-UFPEL.

⁴ Mestrando DCTA-FAEM-UFPEL.

⁵ Bolsista de Iniciação Científica – CNPQ, DCTA-FAEM-UFPEL

⁶ Doutorando no DCTA-FAEM-UFPEL.

* Autor para correspondência

kg of grains. Evaluation of grains was made at 1, 60, 120 and 180 days of storage, analysing humidity, carbohydrate, crude protein, ether extract, ash, volumetric weight and incidence of insects. For the storage of 180 days, under the same environment conditions, it is concluded that: 1) the incorporation of acids at the moment of storage of humid sorghum grains allows superior preservative effects when compared to dry grains; 2) the mixture of acids, showed superior quantitative and qualitative preservative effects of the grains, followed by propionic acid, and acetic, respectively; 3) the storage of humid grains, without addition of acids, does not allow adequate grain conservation, not even for a period lesser than 60 days.

Key words: Conservation, acetic acid, propionic acid, storage

Introdução

O sorgo é o quinto cereal em área colhido no mundo, precedido por arroz, milho, trigo e cevada. (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2006), a Ásia e a África respondem, respectivamente, por 43 e 36% da área colhida no mundo, com uma produtividade média de 870 kg.ha⁻¹, sendo EUA, Nigéria, Índia e México os maiores produtores mundiais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), na safra 2004/2005, foram produzidas 1.520.539 toneladas de grãos de sorgo, no Brasil, com produtividade média de 1.929 kg.ha⁻¹. O estado maior produtor é o de Goiás respondendo com cerca de 35% do total da safra. Na região sul o Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 70% dos grãos de sorgo produzidos (IBGE, 2006).

Para os agricultores, o armazenamento na propriedade, seja a granel ou em sacaria, apresenta vantagens, como redução ou ausência dos custos de transporte, comercialização do produto em períodos da entressafra, melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade, tanto para a secagem como para armazenamento adequado, além de disporem de um produto de melhor qualidade para o consumo e/ou a comercialização (PUZZI, 2000; WEBER, 2001).

Segundo Elias (2002) a substituição temporária ou o retardamento da secagem, com utilização de ácidos orgânicos, como técnica para a conservação de grãos de sorgo, mesmo que por períodos não muito longos, na entressafra, pode ser uma alternativa eficiente, para pequenos e médios produtores que não dispõem de adequadas estruturas de secagem e de armazenamento.

Com relação a questões de ordem prática, as empresas agrícolas convivem com problemas que dificultam a produção de grãos e de sementes com qualidade, e isso inclui chuvas e temperaturas elevadas no período de colheita, ocorrência de pragas e fungos de armazenamento, falta de estrutura de secagem que atenda à demanda nos períodos de safra, com atraso na secagem e sobre-secagem, o que resulta em excessivas perdas quantitativas e qualitativas. Diversas empresas que processam e armazenam grãos, preocupadas com essa situação, vêm utilizando produtos à base de ácido propiônico no sentido de aumentar a conservação de grãos com níveis elevados de teor de água, ou seja, armazenando grãos com qualidade sem secagem (RANGEL; VILLELA, 2004). Ainda conforme os mesmos autores uma destas empresas, a AVIPAL S.A., no Mato Grosso do Sul, armazena milho aplicando ácido propiônico, com umidade em torno de 16% para posterior utilização para a fabricação de rações.

Mundialmente, estudos buscando o desenvolvimento de tecnologias para armazenamento de grãos com umidade de colheita, sem a necessidade de secagem, com a utilização de ácidos orgânicos, e sistemas de armazenamento convencional, a granel e hermético têm sido realizados com resultados promissores conforme os trabalhos de Rao, Deyoe e Parrish (1978) e Aleixo et al. (1979), com sorgo; Singh, Bedi e Singh (1987), com trigo; Kumar, Sinhá e Prasad (1993), com milho; Rangel e Villela (2004); e Silva (2005), com soja.

Objetivou-se, com o trabalho, estudar efeitos da adição de ácidos orgânicos de cadeia carbônica curta sobre a conservação de grãos de sorgo granífero quando armazenados secos e com umidade de

colheita, sem secagem, no sistema a granel, buscando atender necessidades de agricultores sem capacidade para investir em estruturas de secagem, mas que precisam conservar grãos armazenados em pequena e média escala.

Materiais e Métodos

Foram utilizados 750 kg de grãos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), produzidos na região de Pelotas-RS e secados em silo secador estacionário, em camadas de 1 metro de espessura, com ar a 45°C, em fluxo axial, até obtenção do teor de umidade utilizado nos experimentos.

Para os tratamentos foram empregados os ácidos: acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) e propiônico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-COO-NH}_4^+$), com nome comercial Luprosil-NC, na concentração de 98% de princípio ativo.

No armazenamento foram utilizadas unidades armazenadoras compostas de caixas de madeira com 0,80 metros de comprimento, 0,50 metros de largura e 0,30 metros de altura, para simular o armazenamento a granel, tendo cada uma delas a capacidade de 50 kg de grãos de sorgo, o que correspondeu ao armazenamento de 150 kg para cada tratamento, com 50 kg por repetição.

Os grãos foram colhidos mecanicamente, sendo em seguida submetidos à operação de pré-limpeza, em máquina de ar e peneiras plana, antes do armazenamento na condição de cada tratamento.

O armazenamento foi por um período de 6 meses. Os tratamentos avaliados foram: I – 13,15% de umidade em base úmida, sem aplicação dos ácidos; II – umidade de colheita (21,54%), sem aplicação dos ácidos; II-A – umidade de colheita (21,54%) e aplicação de 2,0% de ácido acético; II-P – umidade de colheita (21,54%) e aplicação de 2,0% de ácido propiônico; II-M – umidade de colheita (21,54%) e aplicação de 2,0% da mistura de ácidos acético e propiônico.

Os graus de umidade dos grãos armazenados secos e com umidade de colheita foram expressos

em base úmida (b.u.), sendo a determinação realizada pelo método da estufa a 105+3°C, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Os ácidos orgânicos foram aplicados à massa de grãos por aspersão, na relação peso a peso em cada dose. Após os tratamentos foram armazenados na unidade armazenadora já descrita.

A conservação dos grãos tratados ou não e armazenados foi avaliada no momento da instalação do experimento (tempo zero) e ao 2º, 4º e 6º mês. Para tanto com auxílio de calador, foram tomadas amostras com 2 kg, em cada amostragem para cada repetição de cada tratamento. Foram determinados: a) umidade (Brasil, 1992); b) carboidratos por análise centesimal (ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS, 1990); c) proteína bruta, determinada pelo método Kjeldahl (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2000); d) extrato etéreo, com emprego do aparelho Soxhlet (AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY, 1996), teor de cinzas ou matéria mineral, através da incineração prévia e calcinação em mufla a 560 - 580°C, até peso constante (ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS, 1990); f) determinação do peso volumétrico através da pesagem de um volume constante de 280 cm³ carregado com grãos secos, em fluxo contínuo, em queda livre de uma altura de 20 cm; g) ataque de insetos avaliado por meio da determinação percentual, em peso, de grãos danificados, em 100 gramas da amostra, numa adaptação da Portaria 268 de 1984, Ministério da Agricultura (BRASIL, 1984), traduzido conforme escala, onde: N — ataque não observado ou índice de ataque percentual zero; B — índices entre zero e 0,5%, ataque baixo; M — índices entre 0,5 e 1,5%, ataque moderado; E — índices maiores, do que 1,5%, ataque elevado.

Durante o período do desenvolvimento do estudo na Estação Agroclimatológica da UFPel, em Pelotas, no Rio Grande do Sul, foram coletados dados de temperatura e umidade relativa, com auxílio de

termômetro de bulbo seco e úmido, e emprego de gráfico psicrométrico. Na massa de grãos a temperatura foi avaliada com auxílio de um termômetro de máxima colocado no centro e a leitura realizada após 10 minutos.

A análise estatística conjunta dos dados obtidos foi realizada com a utilização do programa Sanest (ZONTA; MACHADO, 1982), utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com análise dos dados por meio da aplicação de esquema fatorial 5x4 (5 tratamentos x 4 tempos de armazenamento), com três repetições para cada tratamento. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Duncan, adotando-se o nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Resultados e Discussão

Durante o armazenamento a temperatura do ar oscilou entre 10,5 e 21,5°C, enquanto as umidades relativas variaram de 90,7 a 74,5%. A massa de grãos, no período, apresentou temperaturas médias semanais variando de 15,2 a 23,0°C, acompanhando as variações da temperatura ambiente. Toda vez que a temperatura ultrapassava os 20°C havia aeração forçada no ambiente de armazenamento para reduzir a temperatura dos grãos.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos teores de umidade dos tratamentos armazenados a granel em caixas. Observa-se que todos tiveram variações significativas no teor de umidade ao longo dos seis meses de armazenamento. Houve um aumento nos teores de umidade dos grãos armazenados secos, variando em média de 13,15 a 16,19%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos durante os seis meses. Os grãos armazenados com umidade de colheita perderam água durante o armazenamento, e suas umidades variaram em média de 21,54 a 18,46%, com adição de ácidos orgânicos e sem ela, não apresentando diferenças estatísticas entre si, em nenhum dos períodos de armazenamento. A tendência ao equilíbrio higroscópico dos grãos armazenados caracterizou-se por dinâmicas distintas de sorção e dessorção de água, respectivamente nos grãos secos e nos estocados com umidade de colheita, em função dos gradientes de pressão de vapor de água e térmico, entre a massa de grãos e o ar ambiente. Estes fatos ocorrem em consequência das variações de umidade relativa e temperatura do ar no local de armazenamento. Comportamentos similares são referidos na literatura especializada em trabalhos com sorgo (ALEIXO et al., 1979; SILVA et al., 2001), e com feijão (RIOS; ABREU; CORRÊA, 2003).

Tabela 1. Umidade em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	C 13,15 b	B 15,60 b	B 15,85 b	A 16,19 b
II	A 21,54 a	B 20,43 a	C 19,37 a	D 18,46 a
II-A	A 21,54 a	B 20,56 a	C 19,68 a	D 18,51 a
II-P	A 21,54 a	B 20,56 a	C 19,40 a	D 18,67 a
II-M	A 21,54 a	B 20,49 a	C 19,61 a	D 18,89 a

1 - 1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados da análise da composição química orgânica, expressa em percentagem das frações carboidratos, proteína e extrato etéreo, em grãos armazenados a granel, em caixas. Observa-se que ocorreram reduções significativas dos teores de proteína e extrato etéreo, havendo aumento proporcional do teor de carboidratos em todos os tratamentos estudados ao longo da estocagem. As menores perdas ocorreram nos tratamentos que foram armazenados com umidade de colheita, tratados com mistura dos dois ácidos e com ácido propiônico que não diferiu estatisticamente dos grãos tratados com acético, para a análise de proteína, mas diferiu para a de extrato etéreo, apresentando perdas respectivamente de 5,71; 6,21 e 6,54%, em proteína e 20,96; 23,37 e 29,21%, em extrato etéreo, ao final da estocagem, mostrando boa eficiência na utilização de ácidos orgânicos na conservação dos grãos. As maiores reduções ocorreram nos grãos armazenados sem incorporação de ácidos orgânicos.

A variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete um comportamento virtual, tendo em vista o consumo dessa fração no metabolismo intrínseco dos grãos, de microorganismos e pragas associados, além de os carboidratos serem suscetíveis

a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante o armazenamento (POMERANZ, 1974; ROMBALDI, 1988; PUZZI, 2000; ELIAS, 2002). A sua maior proporção relativa na composição dos grãos de sorgo, as maiores perdas relativas das frações proteína e extrato etéreo, a forma de expressão percentual e o critério de determinação centesimal conduzem ao comportamento observado, onde as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos durante o armazenamento.

A fração extrato etéreo se caracterizou pelo maior potencial relativo de degradação. A elevada instabilidade desses compostos os predispõem e aceleram os processos de degradação, sobretudo em função da alta reatividade dos lipídios, seus principais constituintes, em condições de armazenamento com disponibilidade de O₂ como nos armazenamentos não herméticos e nos semi-herméticos, com elevadas temperatura e umidade dos grãos, juntamente com o aporte de enzimas da microbiota associada. Conforme Elias (2002), os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos durante o armazenamento, seja pela redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais.

Tabela 2. Carboidratos⁽³⁾ em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	D 83,78 a	C 84,19 b	B 84,51 b	A 85,48 b
II	D 83,78 a	C 84,34 a	B 84,99 a	A 85,83 a
II-A	D 83,78 a	C 84,09 b	B 84,47 b	A 85,12 c
II-P	D 83,78 a	C 84,06 b	B 84,46 b	A 84,97 d
II-M	D 83,78 a	C 83,94 c	B 84,35 c	A 84,92 d

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

3 - Valores determinados por análise centesimal: [100-(proteína + extrato etéreo + cinzas)].

Tabela 3. Proteína bruta em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	A 12,08 a	B 11,77 c	C 11,46 c	D 10,89 c
II	A 12,08 a	B 11,70 d	C 11,34 d	D 10,80 c
II-A	A 12,08 a	B 11,88 b	C 11,60 b	D 11,29 b
II-P	A 12,08 a	B 11,90 b	C 11,64 b	D 11,33 b
II-M	A 12,08 a	B 11,98 a	C 11,73 a	D 11,39 a

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Esses fatores originam, além de perdas diretas sensoriais e industrialmente indesejáveis, como o de nutrientes, a transformação dos compostos aumento de ácidos graxos livres e a rancificação do envolvidos e o desenvolvimento de características produto, entre outros.

Tabela 4. Extrato etéreo em grãos de sorgo granífero, armazenados secos e com umidade de colheita, com incorporação de ácidos orgânicos e sem ela, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	A 2,91 a	B 2,77 a	C 2,58 a	D 1,80 c
II	A 2,91 a	B 2,58 b	C 2,06 b	D 1,39 d
II-A	A 2,91 a	B 2,73 a	C 2,52 a	D 2,06 b
II-P	A 2,91 a	A 2,75 a	B 2,53 a	C 2,23 a
II-M	A 2,91 a	A 2,82 a	B 2,60 a	C 2,30 a

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise da composição química inorgânica ou material mineral dos grãos, expressos em percentagens de cinzas. O armazenamento de grãos com a umidade de colheita, com a incorporação de ácido acético, propiônico e mistura dos dois, nessa ordem, apresentou os melhores efeitos conservativos da composição química inorgânica, com os índices de incrementos aparentes, de 24,39; 19,51 e 13,01%,

aos 6 meses de armazenagem, sendo que as incorporações de ácido acético e propiônico não apresentaram diferenças significativas aos seis meses de armazenamento. Pode-se observar também que a mistura de ácidos, aos 6 meses de estocagem dos grãos, mostrou-se 6,50 e 11,38% mais eficiente do que os ácidos propiônico e acético respectivamente. O ácido propiônico, contudo, mostrou-se 4,88% mais eficiente do que o acético.

Tabela 5. Cinzas em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	C 1,23 a	C 1,27 b	B 1,45 b	A 1,83 b
II	D 1,23 a	C 1,38 a	B 1,61 a	A 2,08 a
II-A	D 1,23 a	C 1,30 b	B 1,40 c	A 1,53 c
II-P	B 1,23 a	C 1,29 b	B 1,37 c	A 1,47 c
II-M	C 1,23 a	C 1,26 b	B 1,30 d	A 1,39 d

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Os grãos armazenados secos e aqueles com umidade de colheita, sem a adição de conservantes, apresentaram os índices correspondentes de 48,8 e 69,1%. A exemplo de carboidratos, tendo-se em vista a sua pequena proporção relativa no conteúdo total da composição química dos grãos de sorgo, a degradação e a utilização dos compostos orgânicos, pela atividade metabólica intrínseca dos grãos, de microorganismos e de pragas associadas, reduz proporcionalmente o seu conteúdo total, em expressão percentual, refletindo o comportamento observado, em incrementos aparentes.

Diferentemente do que ocorre com os constituintes orgânicos dos grãos, que durante o armazenamento se transformam em gás carbônico e água pelo metabolismo

dos grãos e dos organismos associados, os constituintes inorgânicos se caracterizam muito mais por recombinações químicas do que por consumo efetivo durante o metabolismo, com isso havendo pequenas alterações no seu conteúdo total. Dessa forma, as menores variações de incrementos aparentes da composição química inorgânica traduzem, além da conservação específica, os melhores parâmetros conservativos dos compostos orgânicos, e, por conseguinte, de conservabilidade dos grãos armazenados. Vários autores relatam comportamentos semelhantes no armazenamento de grãos de sorgo (SALUNKHE; CHAVAN; KADAN, 1985; ELIAS, 2002) e de outros cereais (MATIOLI; ALMEIDA, 1979; ROMBALDI, 1988).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores de peso volumétrico dos grãos no período de armazenamento, obtidos por meio da variação de sua massa específica aparente. Conforme os dados da tabela, o armazenamento de grãos com a umidade de colheita de 21,54% e com a incorporação de ácidos resultou nas melhores condições de conservabilidade da matéria seca dos grãos, apresentando o percentual de perdas respectivamente de 2,37, 2,23 e 2,03%, para amostras tratadas com ácido acético, propiônico e mistura de ambos, aos 6 meses de estocagem, sem apresentar diferenças significativas entre si, o que demonstra a eficiência do uso de ácidos durante o armazenamento. É possível também se verificar que a mistura de ácidos apresentou eficiência 9,85% maior do que o ácido propiônico e 16,75% maior do que o acético, na conservação da matéria seca dos grãos, aos 6 meses de estocagem.

Os grãos armazenados secos (13,15%) e com umidade de colheita (21,54%), sem a utilização de ácidos, no mesmo período, mostraram os piores efeitos conservativos, atingindo percentuais de perdas de 3,53 e 11,11%, aos 6 meses de armazenamento. Os índices observados refletem as perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração devido ao seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e a de pragas associadas. As menores variações correspondem

aos melhores parâmetros conservativos da massa de grãos no período de armazenamento.

Martins e Mendes (1981) analisaram perdas da matéria seca de grãos de sorgo, devidas exclusivamente ao processo respiratório (metabolismo intrínseco), em função de diferentes graus de umidade, as quais atingiram índices de 0,02; 0,07 e 0,47%, em 30 dias de estocagem adequada com os teores de umidade respectivamente de 13; 15 e 17%.

Observada essa tendência e o teor de umidade de equilíbrio higroscópico dos grãos armazenados com a umidade de colheita (21,54%) ou secos (13,15%), conforme Tabela 1, podem ocorrer perdas de peso volumétrico superiores a 5%, ao final do período de armazenamento de 6 meses. Comportamentos similares são observados por outros autores (SALUNKHE; CHAVAN; KADAN, 1985; ROMBALDI, 1988; PUZZI, 2000), ressalvadas as características de espécie, variedade e condições específicas de armazenagem.

Elias et al. 1982 e Elias, 2002, estudando a estocagem de grãos de sorgo, em similares condições de armazenamento, registram índices de perdas de peso volumétrico marcadamente superiores aos verificados neste trabalho, de 10 a 15 vezes mais elevados, embora com comportamentos semelhantes. Provavelmente tenham sido utilizados grãos com naturezas genéticas.

Tabela 6. Peso volumétrico em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	A 201,60 a	A 200,30 a	B 198,74 a	C 194,48 a
II	A 201,60 a	A 198,38 a	B 193,22 b	C 179,20 b
II-A	A 201,60 a	A 200,60 a	A 199,71 a	B 196,83 a
II-P	A 201,60 a	A 200,80 a	A 199,90 a	B 197,10 a
II-M	A 201,60 a	A 200,83 a	A 199,98 a	A 197,50 a

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em g. 280cm⁻³, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de análise da infestação de insetos durante o armazenamento, expressos em porcentagem de variação de peso de grãos danificados.

Observa-se que os grãos armazenados com a umidade de colheita, sem a incorporação de ácidos, propiciaram as melhores condições para o desenvolvimento de insetos, e, por conseguinte, as piores características para a sua conservabilidade. Aos 6 meses de armazenagem, ocorreram índices de grãos danificados de 10,11%, mostrando que grãos úmidos, sem adição de ácidos orgânicos são suscetíveis ao ataque de insetos, principalmente após 4 meses de armazenamento. Os grãos que foram armazenados secos, sem a incorporação de ácidos, apresentaram aos seis meses de armazenamento os índices de danificados de 4,71%, o que pode ser considerado elevado conforme a Portaria 268/84 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1984).

Os insetos causam perdas quantitativas diretas nos grãos armazenados, com a utilização das

substâncias de reserva para o seu desenvolvimento. A redução da integridade física dos grãos, devida a perfurações e aberturas de galerias, facilita a infestação por fungos e a ação de produtos do seu metabolismo, especialmente água e calor, que aceleram os processos de degradação, além de criar condições micro-ambientais favoráveis para o desenvolvimento da microbiota e de outras pragas (PUZZI, 2000).

Os grãos tratados com ácidos foram os que apresentaram a maior eficiência conservativa durante os 6 meses de 1,22, 1,39 e 1,70%, estocagem. A comparação de efeitos conservativos mostra não haver diferenças significativas entre os grãos tratados por incorporação de ácidos e os valores encontrados podem ser considerados de moderado a elevado conforme a Portaria 268/84 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1984). O caráter repelente dos ácidos utilizados exerceu influência determinante nos comportamentos verificados (ELIAS, 2002; GERMINARA; ROTUNDO; CRISTIFARO, 2007).

Tabela 7. Danificação por insetos, em grãos de sorgo granífero, com e sem a incorporação de ácidos orgânicos, armazenados secos e com umidade de colheita, no sistema a granel, durante 6 meses (1).

Tratamentos (2)	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	2	4	6
I	C 0,01 a	B 0,20 a	B 0,81 b	A 4,37 b
II	D 0,01 a	C 0,28 a	B 1,60 a	A 10,11 a
II-A	C 0,01 a	C 0,13 a	B 0,43 c	A 1,70 c
II-P	C 0,01 a	B 0,13 a	B 0,21 c	A 1,39 d
II-M	C 0,01 a	B 0,09 a	B 0,17 c	A 1,22 d

1 - Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em porcentagem, em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e por minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

2 - I - Grãos secos, com teor de umidade de 13,15%, em base úmida sem incorporação de ácidos orgânicos; II - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida, sem incorporação de ácidos orgânicos; II-A, II-P e II-M - grãos com umidade de colheita de 21,54%, em base úmida e com incorporação de ácidos orgânicos peso/peso, correspondendo respectivamente à incorporação de ácidos acético, propiônico ou mistura de ambos os ácidos na proporção de 1:1.

Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões.

a) a incorporação de ácidos acético, propiônico e combinação destes, na proporção 1:1, na dosagem de 2,0%, peso a peso, em grãos de sorgo granífero armazenados sem secagem, na umidade de colheita de 21,54%, mostra eficiência comparativa com a secagem na conservabilidade dos grãos de sorgo pelo período de até 6 meses;

b) os efeitos conservativos qualitativos e quantitativos da mistura de ácidos, acético e propiônico, na proporção 1:1, são superiores aos do propiônico, e os destes, superiores aos do acético, na mesma dosagem;

c) O armazenamento de grãos sem secagem e sem adição de ácidos impossibilita a conservação do sorgo até mesmo em períodos inferiores a 60 dias.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES, à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, por meio do Pólo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul.

Referências

- ALEIXO, J. A. G.; CASELA, C. P.; ELIAS, M. C.; CARVALHAL, J. B. Estudo da conservação de grãos de sorgo com ácido propiônico. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Resultados de Pesquisa de Sorgo*. Pelotas: UFPEL, 1979. p.86-89.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – A. A. C. C. *Approved methods of American Association of Cereal Chemists*. 10th ed. St. Paul, MN: The Association, 2000.
- AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY – A. O. C. S. *Official and tentative methods of American oil chemistry society*. New York, D.C., 1996.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – A. O. A. C. *Official methods of analysis of Association of Analytical Chemists*. 15th ed. Arlington, Virginia, USA, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão técnica de normas e padrões. *Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do sorgo*. Brasília, 1984.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 1992.
- ELIAS, M. C. Armazenamento e conservação de grãos em médias e pequenas escalas. In: ELIAS, M. C.; SILVA, L. H.; HAAS, L. I. R. *Armazenamento de grãos*. 3.ed. Pelotas: UFPEL, 2002. p.94-107.
- ELIAS, M. C.; GONÇALVES, P. R.; BONGIOLO NETO, A.; BLAAS, J. L.; LUZ, J. L. S.; RANGEL, M. A. S. Conservação de grãos com elevado teor de umidade, pela utilização de ácidos orgânicos. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 11., 1982, Pelotas. *Anais...* Pelotas: EMBRAPA/UEPAE, 1982. p.66-68.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp>. Acesso em: 5 jul. 2006.
- GERMINARA, G. S.; ROTUNDO, G.; CRISTOFARO, A. Repellence and fumigant toxicity of propionic acid against adults of *Sitophilus granarius* (L.) and *S. oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.43, n.3, p.229-233, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 05/07/2006.
- KUMAR, S.; SINHA, R. K.; PRASAD, T. Propionic acid as a preservative of maize grains in traditional storage in India. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.29, n.1, p.89-93, 1993.
- MARTINS, O.; MENDES, F. S. Quebra técnica em grãos de arroz ensacados e armazenados. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, n.327, p.44-47, 1981.
- MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação de *Sitophilus oryzae*, (L. 1763). I. Umidade e composição mineral. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v.4, n.1, p.36-47, 1979.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CHRISTENSEN, C.M. *Storage of cereal grains and their products*. St. Paul, MN: AACC, 1974. p.56-114.
- PUZZI, D. *Abastecimento e armazenamento de grãos*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.
- RANGEL, M. A. S.; VILLELA, F. A. Conservação de sementes de soja pela aplicação de produtos à base de ácido propiônico. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.26, n.1, p.57-61, 2004.

- RAO, C. S.; DEYOE, C. W.; PARRISH, D. B. Biochemical and nutritional properties of organic acid-treated high-moisture sorghum grain. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.14, n.2-3, p.95-102, 1978.
- RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.23, Suplemento, p.39-45, 2003.
- ROMBALDI, C. V. *Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz (Oryza sativa, L.)*. 1988. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Sorghum. In: *Postharvest biotechnology of cereals*. Boca Raton: CRC, 1985. p.127-146.
- SILVA, J. N.; CARDOSO SOBRINHO, J.; CARVALHO, J. A.; DIAS, D. C. F. S.; REIS, F. P. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo coletadas em diferentes pontos de um secador. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.3, p.487-491, 2001.
- SILVA, L. C. *Grãos: métodos de conservação*. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Rural, 2005. (Boletim técnico: AG: 08/05).
- SINGH, P. P.; BEDI, P. S.; SINGH, D. Use of organic acids for protecting moist wheat grains from microbial colonization during storage. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.23, n.3, p.169-171, 1987.
- WEBER, E. A. *Armazenagem agrícola*. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2001.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. *Sistema de análise estatística para microcomputadores – SANEST*. Pelotas: UFPEL, 1982.

