

QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO TRATADOS COM RADIAÇÃO UV-C ARMAZENADOS COM DIFERENTES UMIDADES DURANTE NOVE MESES

JENNIFER DA SILVA¹; CLÁUDIA MEDEIROS CAMARGO²; MAURÍCIO DE OLIVEIRA³

¹ Universidade Federal de Pelotas – jennidasilvasls@gmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul – claudia.m.camargo@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com.br

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é o segundo cereal mais consumido no país devido às diversas formas de utilização, como alimentação humana, extração de óleo, farinha e amido e alimentação animal (70%), para a fabricação de rações. Em vista disso, é necessário o armazenamento destes grãos por longos períodos para atender a demanda industrial. Para que o armazenamento seja eficiente mantendo as características nutritivas dos grãos de milho, estes devem ser secos até uma umidade de 13% (PARAGINSKI, 2013). Durante o armazenamento alguns fatores como a temperatura, teor de água dos grãos, umidade relativa do ar, presença de microrganismos, são de extrema importância para manter a qualidade inicial do grão de milho. Dentre estes, o teor de água é um dos principais fatores que interferem na qualidade dos grãos durante o armazenamento, pois o aumento deste acelera as reações bioquímicas e metabólicas dos grãos (AGUIAR et al., 2012).

Os microrganismos, principalmente fungos promovem a contaminação por micotoxinas que tornam o grão inadequado para o consumo humano e animal. A alta dose de aflatoxina leva a aflatoxicose, que resulta em doenças agudas (tumores, infecções gastrointestinais) e até mesmo a morte (ZAIN, 2011). A fim de reduzir as perdas na qualidade nos grãos e aumentar a conservabilidade, vem sendo utilizada a refrigeração, atmosfera modificada e radiações (gama e UV). A radiação ultravioleta (UV-C),é um método físico que causa a morte celular dos microrganismos é amplamente utilizado pela indústria alimentícia para a desinfecção do ar e água, pós-colheita de frutas e hortaliças e é uma importante alternativa para a conservação de grãos (ALLENDE & ARTES, 2003) uma vez que tem se mostrado um ótimo potencial de redução e inibição de crescimento fúngico em alimentos (SANTOS, 2010). Portanto, objetivou-se com esse estudo avaliar o teor de água e a condutividade elétrica de grãos de milho inoculados com *Aspergillus flavus* e *Fusarium* sp, submetidos a diferentes doses de radiação UV-C (4 e 8 kJ. M⁻²) e armazenados durante 9 meses.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados grãos de milho produzidos na região sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, colhidos mecanicamente com teor de água próximo a 23%. Os grãos foram secos em secador estacionário até a obtenção do teor de água de 13% com temperatura do ar de secagem de 35°C. Foi realizado expurgo com fosfeto de alumínio a fim de evitar a interferência de insetos no experimento. Amostras de 1kg de grãos de milho foram inoculadas com 5 grãos contaminados com cepa de *Aspergillus flavus* e 5 grãos com cepa de *Fusarium* sp. As amostras foram armazenadas a 25°C com teor de água de 13% e umidade relativa do ar de 80% durante 7 dias. Após esse período, os grãos foram submetidos ao tratamento

com radiação UV-C, sendo a fonte de radiação composta de quatro lâmpadas germicidas (Phillips® 30W), com comprimento de onda de 254 nm. A intensidade da radiação emitida foi determinada com medidor de luz ultravioleta digital (RS-232 Modelo MRUR-203, Instrutherm®). Uma parte das amostras foi exposta à radiação com variação de distância da extremidade distal, para obtenção de doses de 4 e 8 kJ.m^{-2} durante 15 minutos (CHARLES et al., 2008a; CHARLES et al., 2008b) e a outra parte não recebeu radiação. Foi utilizado um tratamento controle não receberam a inoculação nem a radiação. Após, os grãos foram armazenados em sacos de polietileno de baixa densidade, com 0,015mm de espessura, nas mesmas condições anteriores ao tratamento com radiação. A cada 15 dias a temperatura era decrescida a 10 °C durante 24 horas a fim de oferecer condições para a formação de micotoxinas pelos fungos. Para realização das análises os grãos foram moídos em moinho Perten 3110, na granulometria de 35 mesh.

O teor de água dos grãos foi determinado segundo normas da ASAE (2000), durante 24 horas a 105 °C.

A atividade de água (Aw) foi mensurada com três determinações no medidor digital (Water Activity Novasina, Brasil).

A condutividade elétrica da água de hidratação foi determinada segundo metodologia descrita em International Seed Testing Association - ISTA (2008).

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA, e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$), com o programa SAS (SAS, INSTITUTE, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1 verifica-se a redução do teor de água durante os 9 meses de armazenamento nos tratamentos com 13 e 16%. Estes resultados diferem de Paraginski (2013), que não encontrou diferenças no teor de água (12 e 14%) a 25°C ao longo de 12 meses de armazenamento. A redução encontrada em nosso estudo é devido ao equilíbrio higroscópico do grão com as condições do ambiente, onde ocorre o fenômeno de dessorção (perda de água), pois a pressão de vapor do grão é maior que a pressão do ar circundante, ocorrendo transferência de vapor para o ar, ocasionando assim a redução do teor de água do grão (SILVA et al., 1995).

Tabela 1 – Teor de água (%) de grãos de milho tratados com radiação UV-C armazenados à temperatura de 25°C e teores de água iniciais de 13% e 16%, durante nove meses.

Tratamento	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
Teor de água 13%				
Controle	B $13,91 \pm 0,12$ a			B $12,32 \pm 0,67$ b
0 kJ.m^{-2}	B $13,94 \pm 0,07$ a	C $12,74 \pm 0,42$ b	B $12,84 \pm 0,37$ b	B $12,56 \pm 0,53$ b
4 kJ.m^{-2}	B $13,97 \pm 0,34$ a	B $13,85 \pm 0,70$ a	B $12,68 \pm 0,53$ b	B $12,59 \pm 0,80$ b
8 kJ.m^{-2}	B $13,86 \pm 0,34$ a	BC $13,03 \pm 0,36$ ab	B $12,78 \pm 0,70$ b	B $11,69 \pm 0,64$ c
Teor de água 16%				
Controle	A $16,64 \pm 0,33$ a			A $15,27 \pm 0,39$ b
0 kJ.m^{-2}	A $16,84 \pm 0,27$ a	A $15,79 \pm 0,61$ b	A $15,93 \pm 0,84$ b	A $15,36 \pm 0,32$ b
4 kJ.m^{-2}	A $16,46 \pm 0,46$ a	A $15,84 \pm 0,46$ b	A $15,64 \pm 0,60$ b	A $15,22 \pm 0,41$ b

8 kJ.m ⁻²	A 16,50 ± 0,23 a	A 15,82 ± 0,58 b	A 15,54 ± 0,51 b	A 15,06 ± 0,69 b
----------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

* Médias aritméticas simples ± desvio padrão de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se na Tabela 2 que houve um aumento na condutividade elétrica nos grãos com 13% de umidade, ao longo dos 9 meses de armazenamento em todos os tratamentos avaliados, exceto para o tratamento de 8 kJ.m⁻², enquanto que para os grãos com 16% a radiação de 4 e 8 kJ.m⁻² também houve um aumento nessa condutividade. Este aumento é resultado de uma maior desestruturação celular causada principalmente por ação enzimática e térmica (COSTA et al., 2010 e FARONI et al, 2005), sendo relacionado ainda com a quantidade de íons lixiviados na solução. Ainda que o teor de água tenha reduzido ao longo período, foi observado o desenvolvimento fúngico na massa de grãos (dados não apresentados) os quais são responsáveis por elevar a taxa de respiração do grão, portanto, acelerando sua deterioração.

Aos 9 meses de armazenamento, percebe-se que os grãos de milho irradiados com 8 kJ.m⁻² e 13% de umidade inicial tem menor valor de condutividade elétrica quando comparado aos demais tratamentos de mesma umidade. Essa redução pode estar correlacionada com o emprego da radiação que foi mais eficiente ocasionando a morte celular, por consequência uma menor desestruturação celular do grão e a redução do teor de água nesse tratamento que foi menor que o teor de água no controle para a umidade inicial de 13%.

O aumento da condutividade elétrica na umidade de 16% em relação a umidade de 13% durante os nove meses de armazenamento, pode ser explicada pelo desenvolvimento fúngico e pelo maior teor de água no grão, que acelera reações bioquímicas e metabólicas, causando a deterioração da membrana e da parede celular dos grãos.

Tabela 2 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$) de grãos de milho tratados com radiação UV-C armazenados durante nove meses em sistema semi-hermético com duas umidades iniciais diferentes.

Tratamento	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
Umidade 13%				
Controle	B 18,24 ± 2,48 b			BC 26,38 ± 3,80 a
0 kJ.m ⁻²	B 19,93 ± 3,11 b	C 21,51 ± 4,83 ab	B 21,68 ± 4,21 ab	BC 25,46 ± 4,70 a
4 kJ.m ⁻²	B 15,58 ± 2,78 b	C 21,58 ± 4,47 a	B 25,04 ± 3,81 a	BC 26,03 ± 4,35 a
8 kJ.m ⁻²	B 18,72 ± 4,41 a	C 18,90 ± 2,51 a	B 19,91 ± 3,35 a	D 20,27 ± 2,41 a
Umidade 16%				
Controle	A 29,90 ± 4,04 a			AB 31,31 ± 3,59 a
0 kJ.m ⁻²	A 30,75 ± 4,35 a	B 29,26 ± 4,80 a	A 31,99 ± 4,50 a	A 33,08 ± 3,21 a
4 kJ.m ⁻²	A 31,08 ± 3,21 b	A 35,33 ± 3,25 ab	A 34,76 ± 4,71 ab	A 36,39 ± 4,41 a
8 kJ.m ⁻²	A 28,86 ± 2,63 b	AB 31,48 ± 4,91 ab	A 31,50 ± 4,51 ab	A 36,55 ± 3,46 a

*Médias aritméticas simples ± desvio padrão de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna e minúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. CONCLUSÕES

A radiação UVC não afetou o teor de água nos grãos. O teor de água dos grãos reduziu ao longo dos nove meses de tratamento, devido ao equilíbrio higroscópico dos grãos com as condições do ambiente.

Nos grãos com 13% de umidade, a radiação UV-C foi eficiente na condutividade elétrica, tendo uma menor condutividade no tratamento de 8 kJ.m⁻² comparado ao controle que não recebeu nenhuma radiação, sendo que nos grãos com 16% de umidade a radiação UV-C não promoveu a redução na condutividade elétrica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido de carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 554-560, 2012.
- ALLENDE, A.; ARTÉS, F. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'lollo rosso' lettuce. **Food Research International**, v.36, p.739-746, 2003.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. Moisture measurement of ground grain and seeds. In: Standards, 2000. St. Joseph: ASAE, 2000, 563p.
- CHARLES, M. T.; MERCIER, J.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit I. Role of pre- and post-challenge accumulation of the phytoalexin-rishitin. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47 p. 10-20, 2008a.
- CHARLES, M. T.; BENHAMOU, N.; ARUL, J. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit III. Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47 p. 27-40, 2008b
- FARONI, L.R.A.; BARBOSA, G.N.O.; SARTORI, M.A.; CARDOSO, F.S.; ALENCAR, E.R.; Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura, Viçosa**, MG, v.13, n.3, 193-201, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, 4^a Edição, São Paulo, 2004.
- ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.; Determination of other seeds by number. In: **International rules for seed testing**. ed. 2008. Bassersdorf, c.4, p.4.1-4.3, 2008.
- PARAGINSKI, R. T. Efeitos da temperatura de armazenamento de grãos de milho nos parâmetros de qualidade tecnológica, metabólitos e propriedades do amido. 2013. 109f. Dissertação de mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Faculdade de Agronomia Elizeu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- SANTOS, A.M.G.; OLIVEIRA, S.M.A.; SILVA, J.M.; TERAO, D. Podridão por Fusicoccum em mangas submetidas a baixas doses de radiação gama. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.45, n.10, p.1066-1072, 2010.
- SILVA, J.S.; AFONSO, A.D.L.; LACERDA FILHO, A.F.; Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. In: SILVA, J. de S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas. Juiz de Fora: Instituto Maria**, p.395-462, 1995.
- ZAIN, M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals. **Journal of Saudi Chemical**, v. 15, p. 129-144, 2011.