

## Ozonização de grãos de milho pérola (*Pennisetum glaucum*) com foco na segurança do alimento

## Ozonization of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) grains with focus on food safety

DOI:10.34117/bjdv9n2-123

Recebimento dos originais: 23/01/2023

Aceitação para publicação: 22/02/2023

### **Grazielly Aparecida Ferreira Carvalho**

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São João Del-Rei

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, CEP:35701-970

E-mail: grazielly621@gmail.com

### **Clarissa Anne Gonçalves**

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São João Del-Rei

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, CEP:35701-970

E-mail: clarissanne@hotmail.com

### **Bianca Rocha da Silva**

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de São João Del-Rei

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, CEP: 35701-970

E-mail: biancabranca38@gmail.com

### **Evelin Lessa Barboza**

Graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São João Del-Rei

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, 35701-970

E-mail: evelinlessa@gmail.com

### **Amanda Mattos Dias-Martins**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Instituição: Learning Foods Treinamentos e Consultoria Ltda.

E-mail: amandamartins.alimentos@gmail.com

### **Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella**

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei - Campus Sete Lagoas

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, CEP:35701-970

E-mail: nadia@ufsj.edu.br

**Carlos Wanderlei Piler de Carvalho**

Pós-Doutorado pelo Agricultural Research Service do United States - Department of Agriculture (ARS-USDA)

Instituição: Embrapa Agroindústria de Alimentos

Endereço: Av. das Américas, 29.501, Guaratiba, Rio de Janeiro-RJ

E-mail: carlos.piler@embrapa.br

**Felipe Machado Trombete**

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Federal de São João Del-Rei - Campus Sete Lagoas

Endereço: Rodovia MG-424, Km 47, Sete Lagoas – MG, CEP:35701-970

E-mail: trombete@ufsj.edu.br

**RESUMO**

A ozonização gasosa aplicada à descontaminação microbiológica e química em grãos de cereais tem grande potencial de aplicação na indústria de armazenamento, transporte e processamento, aumentando assim a segurança no consumo dos produtos derivados dessas matérias-primas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência do gás ozônio nas características físico-químicas e no potencial de germinação de grãos de milho pérola, quando estes são submetidos a diferentes condições de exposição ao O<sub>3</sub> de forma que não afete a qualidade tecnológica dos grãos. Os tratamentos aplicados no milho não causaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros físico-químicos (umidade, acidez e cor instrumental), somente uma amostra ozonizada diferiu da amostra controle ( $p < 0,05$ ) quanto a coloração. No teste de germinação, verificou-se que o tratamento controle não diferiu dos tratamentos P1, P2 e P3 ( $p > 0,05$ ) e os tratamentos P4, P5 e P6, diferiram do tratamento controle ( $p < 0,05$ ). Assim, nas condições avaliadas neste estudo, é recomendado a ozonização de milho em concentrações de até 400 mg de O<sub>3</sub>/Kg, não afetando a qualidade dos grãos.

**Palavras-chave:** milho pérola, ozonização, qualidade.

**ABSTRACT**

The ozonation applied to microbiological and chemical decontamination in cereal grains has great potential for application in the industry of storage, transportation, and processing of cereals, thus increasing the safety in the consumption of products derived from these raw materials. The present study aimed to evaluate the influence of ozone gas on the physicochemical characteristics and germination potential of pearl millet grains when they are subjected to different conditions of exposure to O<sub>3</sub> aiming not to affect the technological quality of the grains. The treatments applied to the millet did not cause a significant difference ( $p > 0.05$ ) in physicochemical parameters (moisture, acidity, and instrumental color), only the P6 sample differed from the control sample ( $p < 0.05$ ) regarding color. In the germination test, it was verified that the control treatment did not differ from treatments P1, P2, and P3 ( $p > 0.05$ ), and treatments P4, P5, and P6, differed from the control treatment ( $p < 0.05$ ). Thus, under the conditions evaluated in this study, ozonation of pearl millet grains at concentrations up to 400 mg of O<sub>3</sub>/Kg is recommended, not affecting the quality of grains.

**Keywords:** pearl millet, ozonization, quality.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é uma gramínea de ciclo anual, originária da África, tendo sido introduzida no Brasil na década de 70 e possui grande resistência a seca e condições climáticas adversas. O seu nome científico é *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. e recebe vários nomes populares, tais como milho comum ou milho pérola. No Brasil o milho ainda não é utilizado para alimentação humana e sim como cobertura do solo em plantio direto e na pecuária como forrageira e complemento de rações (DIAS-MARTINS et al., 2018). Porém, pesquisas recentes têm demonstrado que a partir dos grãos de milho é possível obter diversos tipos de farinhas integrais nutritivas, tais como farinha extrudada, germinada e pré-cozida, com possibilidades de diversas aplicações tecnológicas para a indústria de alimentos (DIAS-MARTINS et al., 2019).

É importante ressaltar ainda, que o milho é um cereal que não possui glúten, podendo ser explorado industrialmente para atender a demanda de consumo por produtos *glúten free*. Pesquisas diferentes têm demonstrado possibilidades de formulações de produtos com a farinha do milho, como por exemplo em produtos cárneos (BRASIL et al., 2015), cereais extrudados (ANANDITO et al., 2019), produtos fermentados (ADEBIYI et al., 2016), diversos tipos de bebidas (TAYLOR; KRUGER, 2019), dentre outras possibilidades.

Uma forma de aumentar a segurança dos alimentos é reduzir a contaminação microbiológica e química através da ozonização. A aplicação do ozônio (O<sub>3</sub>), denominado ozonização, é uma tecnologia ainda considerada emergente que tem sido investigada devido a sua alta capacidade oxidante, podendo ser utilizada para prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação dos alimentos, principalmente quando relacionados a infestação por insetos e ácaros, contaminação por fungos, contaminação por pesticidas e micotoxinas em cereais, dentre outros (PANDISELVAM et al., 2019); PANDISELVAM et al. 2018). Devido a sua decomposição em O<sub>2</sub> o ozônio tem como principal vantagem o fato de não deixar resíduos no alimento, sendo reconhecido pelo FDA (US Food and Drug Administration) como agente antimicrobiano para o tratamento, armazenamento e processamento de alimentos e água (FDA, 2001).

A reação do O<sub>3</sub> com a massa de grãos depende de alguns fatores, sendo os principais a concentração de O<sub>3</sub> e o tempo de exposição do alimento ao processo. Essas duas variáveis influenciam diretamente na qualidade do produto, podendo promover alterações positivas, como por exemplo, aumentar a segurança do produto ao eliminar

bactérias, fungos e micotoxinas, aumento da tenacidade e claridade da farinha de trigo Zhu (2018).

No entanto, a ozonização também pode causar alterações indesejadas, como a oxidação lipídica, formação de aromas desagradáveis, degradação de pigmentos e compostos bioativos, com alterações negativas também na qualidade reológica da farinha de trigo (PATIL et al., 2010). Por essas razões, a ozonização de alimentos não é universalmente benéfica e seus efeitos indesejados devem ser estudados a fim de conhecer as limitações dessa tecnologia.

Considerando-se que o  $O_3$  é altamente reativo quando em contato com material orgânico, é necessário que seja feita a avaliação da cinética de saturação do gás em meio contendo os grãos de milho pérola, conhecendo assim parâmetros como concentração, tempo de saturação e tempo de meia vida do  $O_3$ , dados que serão úteis para posteriores pesquisas e, principalmente, para aplicações industriais.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da ozonização nas características físico-químicas e no potencial de germinação de grãos de milho pérola, estudando os efeitos de tal processamento na qualidade tecnológica dos grãos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Esse trabalho foi conduzido no Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, no laboratório de Engenharia Bioquímica. A empresa ATTO sementes (Rondonópolis, MT), forneceu grãos inteiros de milho da espécie *Pennisetum glaucum* (L) R. Br., da cultivar ADR 9070 para o desenvolvimento dessa pesquisa.

### 2.2 ENSAIOS DE OZONIZAÇÃO

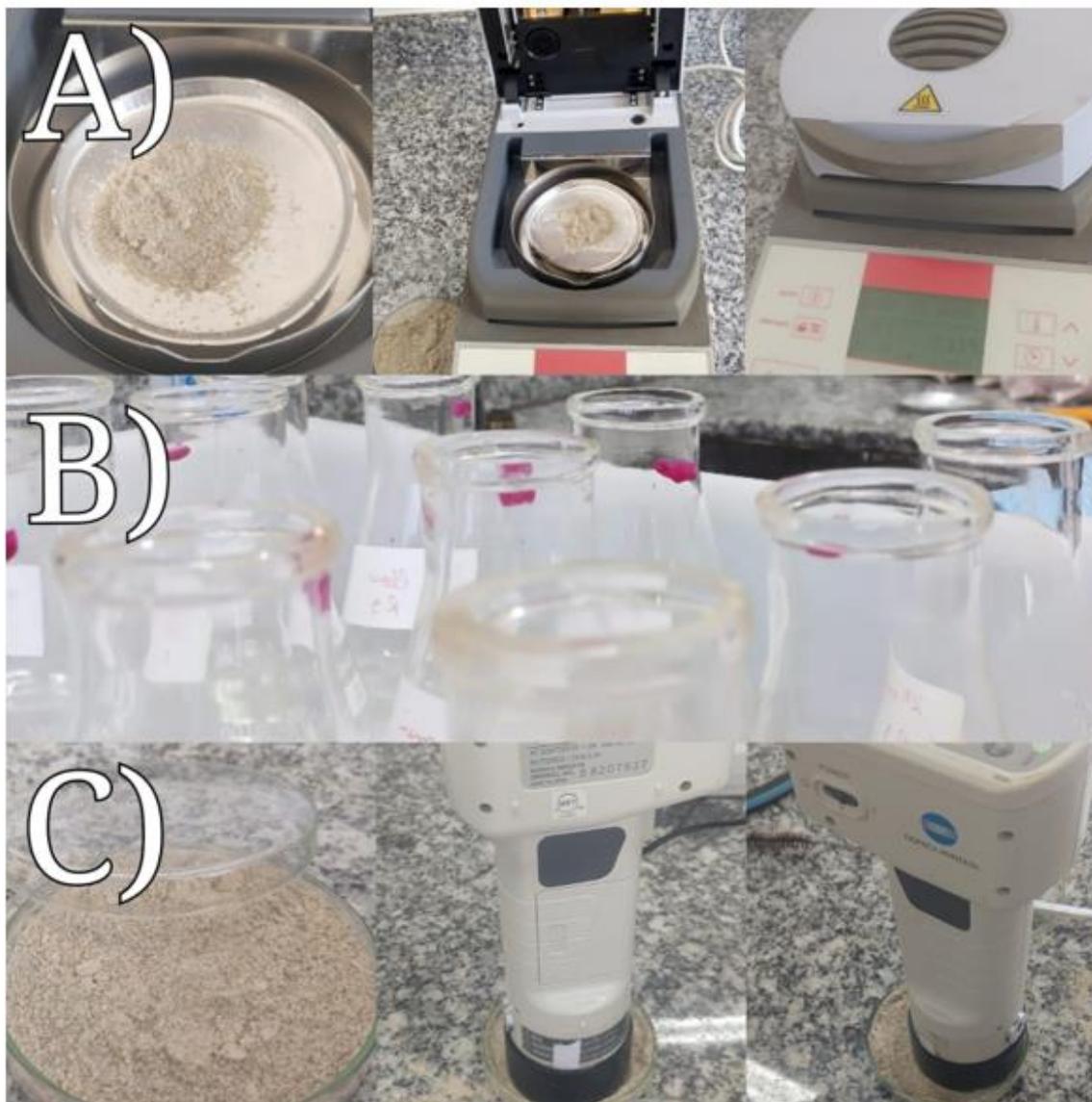
Para a produção de ozônio foi utilizado um ozonizador industrial com produção por descarga de corona (O&L 3.0 RM, Ozone&Life®) e capacidade de 3 g de  $O_3$ /h, alimentado com oxigênio industrial em fluxo de 0,5 L/min. O ozônio foi então injetado em silos experimentais de PVC (60 × 15 cm, altura × diâmetro) preenchido com 3 kg dos grãos. A 10 cm da base dos cilindros foram inseridos plenos de silicone e poliéster a fim de dar sustentação aos grãos. Na saída do sistema, o  $O_3$  residual foi neutralizado utilizando frascos lavadores de gás contendo solução de KI a 2%. A concentração de  $O_3$  foi verificada constantemente, utilizando o método iodométrico APHA (1998).

Os grãos de milho foram expostos à diferentes concentrações de O<sub>3</sub> e tempo de exposição, utilizando uma curva de 6 pontos variando de 100 a 3200 mg de O<sub>3</sub>/Kg de grãos e de 6 a 183 minutos, sendo P1 = 100 mg de O<sub>3</sub>/Kg (6 minutos), P2 = 200 mg de O<sub>3</sub>/Kg (11 minutos), P3 = 400 mg de O<sub>3</sub>/Kg (23 minutos), P4 = 800 mg de O<sub>3</sub>/Kg (46 minutos), P5 = 1600 mg de O<sub>3</sub>/Kg (91 minutos) e P6 = 3200 mg de O<sub>3</sub>/Kg de grãos (183 minutos). Cada ponto da curva foi realizado em triplicata, totalizando 18 bateladas de ozonização. Essa faixa de concentração foi adotada pois abrange a maioria dos estudos envolvendo ozonização de cereais para degradação de micotoxinas, pesticidas, eliminação de fungos e bactérias e eliminação de pragas de armazenamento, possibilitando relacionar os dados obtidos com diversas áreas de aplicação.

### 2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA

Foram realizadas análises físico-químicas de acordo com os métodos recomendados pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo determinado o teor de umidade por método gravimétrico a 105°C (método 012/IV), acidez total por titulação com solução álcali padrão (método 016/IV) e cor instrumental por colorimetria digital (CR 400, Konica Minolta, Japão) no sistema CIELAB, escala L\* a b\*. A figura 1 ilustra as análises físico químicas realizadas.

Figura 1: Análises físico químicas realizadas. - A) Determinação do teor de umidade; B) Determinação da acidez total; C) Determinação da cor instrumental.



Fonte: Autores.

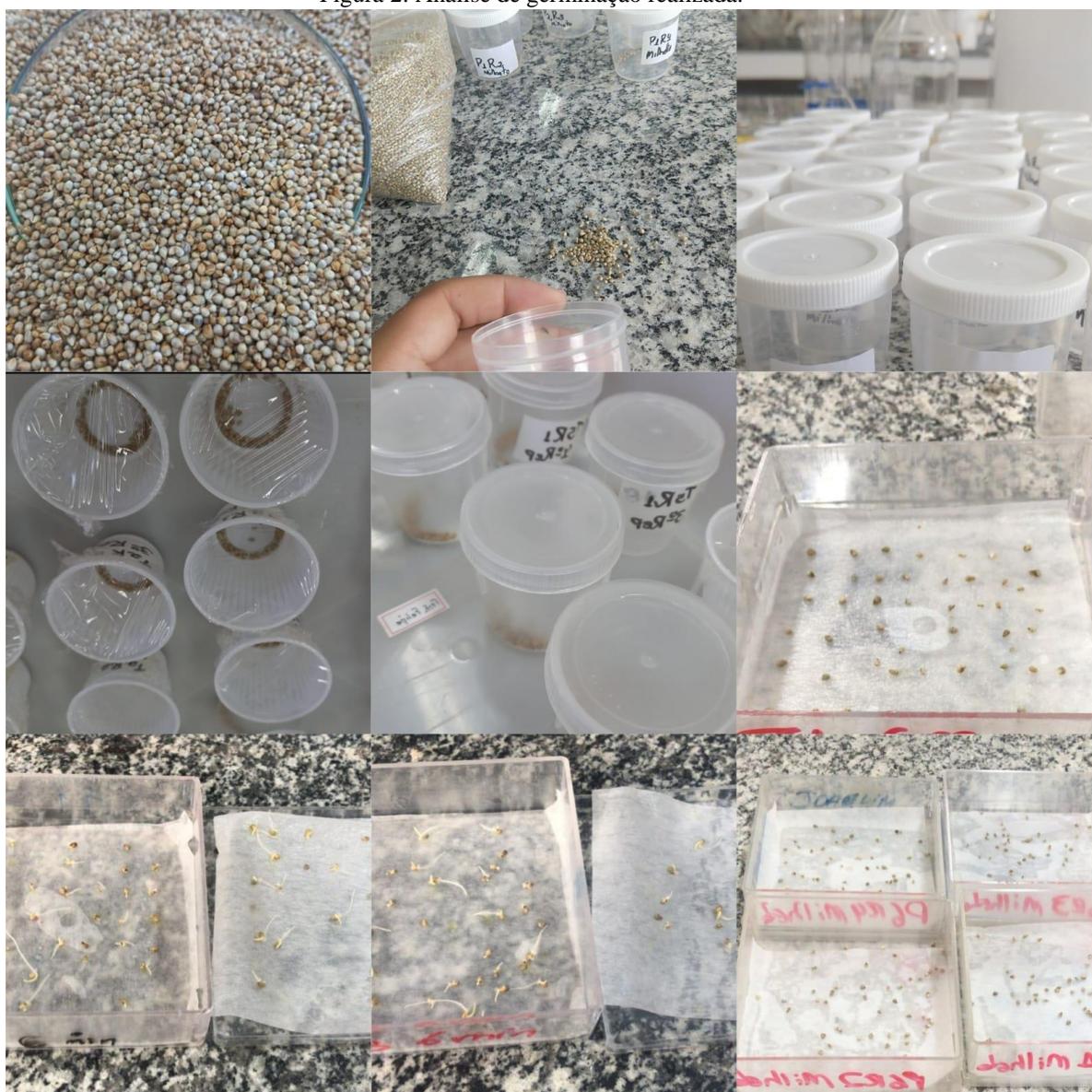
#### 2.4 ANÁLISE DE GERMINAÇÃO

O teste de germinação tem o objetivo de determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes. O procedimento adotado para o potencial de germinação foi determinado pelo teste-padrão de germinação, descrito nas Regras de análise de sementes (Brasil, 2009). A germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão.

Foram separados 50 grãos de sementes por tratamento, em quatro repetições para a montagem do teste de germinação. Os grãos de milho foram dispostos sobre duas folhas de papel germitest, onde, foi colocado uma folha de papel germitest na parte

inferior sobre as quais foram depositadas as sementes e após toda semeadura foi colocado uma folha de papel germitest cobrindo as sementes em gerbox, sendo, então, fechadas com tampas e levadas para a câmara de germinação tipo BOD a 25° com um fotoperíodo de 12 horas. A primeira contagem de germinação PCG (%) foi efetuada após sete dias conforme normas de rotinas descritas pela RAS (Regra para Análise de Sementes), e as plântulas normais foram retiradas e contabilizadas após a instalação do ensaio, conforme recomendado por Brasil (1992). E o mesmo ocorreu após 14 dias, na segunda leitura. A figura 2 ilustra a análise de germinação realizada.

Figura 2: Análise de germinação realizada.



Fonte: Autores.

## 2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos na pesquisa foram avaliados por estatística descritiva e análise de variância (ANOVA) com comparação das médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o software SISVAR 5.6 (DEX - UFLA).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ANÁLISE DE UMIDADE

Os resultados de umidade nas amostras ozonizadas não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), possuindo média de  $9,5 \pm 0,1\%$ . Esses resultados mostram que não houve efeito significativo da ozonização sobre as características fisiológicas dos grãos, dado que quanto maior o teor de umidade do produto, maior será o potencial de degradação das micotoxinas pelo O<sub>3</sub>, devido à formação de radicais OH de forte capacidade de oxidação (El - Desouky et al., 2012). Porto (2017), ao ozonizar canjiquinha de milho, obteve resultados semelhantes para o teor de umidade, mostrando que não houve efeito significativo da ozonização sobre as características fisiológicas da canjiquinha.

### 3.2 ANÁLISE DE ACIDEZ TOTAL

Quanto ao valor de acidez total, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ), sendo o resultado médio correspondente a  $2,2 \pm 0,65$  mL. Porto (2017), ao ozonizar canjiquinha de milho, encontrou diferença para o valor de acidez total entre as amostras, devido às condições mais extremas de ozonização aplicadas e ao maior tempo de exposição, afetando a qualidade final dos produtos.

### 3.3 ANÁLISE DA COR INSTRUMENTAL

Nos parâmetros de cor, houve diferença apenas na luminosidade (L\*), sendo que apenas a amostra P6 apresentou média de  $69,3 \pm 1,76$  diferindo da amostra controle que apresentou média de  $66,6 \pm 2,05$  e não diferiu das demais amostras. A média geral para luminosidade foi de  $68,41 \pm 2,68$ . A ozonização não influenciou ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros de cor na escala a\* e b\*. No trabalho realizado por Porto et al. (2022), foram ozonizados grits de milho, em diferentes concentrações, onde foram encontrados na avaliação instrumental da cor valores de L\* que diferiram significativamente do controle ( $p < 0,05$ ), demonstrando aumento da intensidade do branco, constatando que a aplicação de ozônio

interfere na coloração dos grits, visto que a capacidade do ozônio em branquear ou descolorir pigmentos é uma de suas características conhecidas.

### 3.4 ANÁLISE DE GERMINAÇÃO

Na análise de germinação, o tratamento controle (96% de germinação) não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos P1 = 100 mg de O<sub>3</sub>/Kg (98%), P2 = 200 mg de O<sub>3</sub>/Kg (93%) e P3 = 400 mg de O<sub>3</sub>/Kg (93,5%), indicando que a ozonização em condições de até 400 mg de O<sub>3</sub>/Kg, não alteram os níveis de germinação dos grãos de milho.

Em contrapartida, ao aumentar a concentração de ozônio é observado uma perda no poder de germinação, conforme observa-se nos tratamentos P4 = 800 mg de O<sub>3</sub>/Kg (81% de germinação), P5 = 1600 mg de O<sub>3</sub>/Kg (75%) e P6 = 3200 mg de O<sub>3</sub>/Kg (79,5%), os quais diferiram do tratamento controle ( $p < 0,05$ ). Esses resultados confirmam os encontrados no trabalho realizado por Zanardi (2017), que ao comparar o percentual de germinação de sementes de milho obteve uma diminuição no índice em comparação com o controle, devido à retirada de umidade pelo processo de secagem, devido a desintegração do sistema de membranas celulares que ocorre, possivelmente por alterações nos lipídeos que as constituem em razão ao aumento do tempo de ozonização

## 4 CONCLUSÃO

A ozonização de milho em altas concentrações (3200 mg de O<sub>3</sub>/Kg) causa alteração na cor do milho, sendo possível constatar a diferença ( $p < 0,05$ ) do controle. Nesta condição também são alterados os níveis de germinação dos grãos de milho nas concentrações de 800 mg de O<sub>3</sub>/Kg até 3200 mg de O<sub>3</sub>/Kg, indicando possíveis efeitos resultantes da oxidação lipídica do produto. Assim, nas condições avaliadas nesta pesquisa, é recomendado a ozonização de milho em concentração de até 400 mg de O<sub>3</sub>/Kg, nessas condições podem ser aplicadas a ozonização dos grãos de milho com diferentes objetivos, principalmente em relação a segurança do alimento, evidenciando que há um grande potencial para o uso da ozonização na qualidade tecnológica de grãos de milho quando submetidos a condições de exposição ao O<sub>3</sub>.

## REFERÊNCIAS

AACC. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 42-50.02. Mold and Yeast Counts. Approved October 8, 1999. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.

AACC. AACC Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 42-11.01. Aerobic Plate Count. Approved October 3, 1999. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.

ADEBIYI, J. A.; OBADINA, A. O.; ADEBO, O. A.; KAYITESI, E. Fermented and malted millet products in Africa: Expedition traditional/ethnic foods to industrial value-added products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 1-12, 2016.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 th edition. 1998.

ANANDITO, R. B. K.; OKTALIANA, M.; SISWANTI; NURHARTADI, E. Formulation of Emergency Food in Flakes Form Made Proso Millet Flour (*Panicum milliaceum*) and Snakehead Fish (*Channa striata*)-Tempeh Flour Koya. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 246, n. 1, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, p. 147-224, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, p. 365, 1992.

BRASIL, T. A.; CAPITANI, C. D.; TAKEUCHI, K. P.; FERREIRA, T. A. P. DE C. Physical, chemical and sensory properties of gluten-free kibbeh formulated with millet flour (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Food Science and Technology*, v. 35, n. 2, p. 361-367, 2015.

DIAS-MARTINS, A. M.; CAPPATO, L. P.; DA COSTA MATTOS, M.; et al. Impacts of ohmic heating on decorticated and whole pearl millet grains compared to open-pan cooking. *Journal of Cereal Science*, v. 85, n. November 2018, p.120-129, 2019.

DIAS-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L. F.; PACHECO, S; RODRIGUES, J. A. S.; CARVALHO, C. W. P. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. *Food Research International*, v. 109, n. December 2017, p. 175-186, 2018.

EL-DESOUKY, T.A., SHAROBA, A.M.A., EL-DESOUKY A.I., EL-MANSY, H.A., NAGUIB K. Effect of Ozone Gas on Degradation of Aflatoxin B1 and *Aspergillus Flavus* Fungal. *J Environment Analytic Toxicol*, 2012.

FDA. Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption. *Federal Register*, v.66, n.123, p. 33829-33830, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4th Ed., ZENEBO, O.; PASCUER, N. S. Edição digital. 2008. Disponível em [http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf).

JOSEPH, J. D.; ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatographic method for analysis of encapsulated fish oil ethyl esters: collaborative study. *J. AOAC Intern.* 1992, 75 (3): 488-506.

OLIVEIRA, J. M.; DE ALENCAR, E. R.; BLUM, L. E. B.; et al. Ozonation of Brazil nuts: Decomposition kinetics, control of *Aspergillus flavus* and the effect on color and on raw oil quality. *LWT*, v. 123, n. October 2019, p. 109106, 2020.

PANDISELVAM, R.; SUBHASHINI, S.; BANUU PRIYA, E. P.; et al. Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. *Ozone: Science & Engineering*, V. 41, n. 1, p. 17-34, 2019.

PATIL, S.; TORRES, B.; TIWARI, B. K. et al. Safety and quality assessment during the ozonation of cloudy apple juice. *Journal of Food Science*, v. 75, p. 437-443, 2010.

PORTO, Y. D. Ozonização em canjiquinha e seu efeito nos níveis de aflatoxinas, contagem de fungos e qualidade dos alimentos. Orientador: José Ascheri. 2017. 87 p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017.

PORTO, Y. D. TROMBETE, F. M.; SILVA, B. R. da; SÁ, D. de G. C. F. de; CASTRO, I. M. de; DIREITO, G. M.; ASCHERI, J. L. R.; SILVA, O. F. A ozonização de sêmola de milho (*Zea mays* L.) em altas concentrações promove alteração da cor e aroma do produto. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 5, p. 5-6, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28462>.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico 127. Embrapa Publicações. Julho, 2017.

TAYLOR, J. R. N.; KRUGER, J. Sorghum and Millets. *Sorghum and Millets*. p. 171-224, 2019.

WRIGHT, M. R. An introduction to chemical kinetics. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, Ltd., p. 441, 2004.

ZANARDI, B. Ozonização de sementes de milho durante a secagem. Orientador: Divair Christ. 2017. 63 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

ZHANG, L. Z.; LIU, R. H. Phenolic and carotenoid profiles and antiproliferative activity of foxtail millet. *Food Chemistry*, v. 174, p. 495-501, 2015.

ZHU, F. Effect of ozone treatment on the quality of grain products. *Food Chemistry*, v. 264, n. May, p. 358-366, 2018.