

Ozonização de grits de milho (*Zea mays* L.) em altas concentrações promove alteração na cor e aroma do produto

Ozonation of corn grits (*Zea mays* L.) in high concentrations promotes change in color and aroma of the product

La ozonización de grits de maíz (*Zea mays* L.) en altas concentraciones promueve el cambio de color y aroma del producto

Recebido: 24/03/2022 | Revisado: 02/04/2022 | Aceito: 07/04/2022 | Publicado: 12/04/2022

Yuri Duarte Porto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6053-5953>
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: yporto@hotmail.com

Felipe Machado Trombete

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8590-4142>
Universidade de São João del-Rei, Brasil
E-mail: trombete@ufsj.edu.br

Bianca Rocha da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-0003>
Universidade de São João del-Rei, Brasil
E-mail: biancabranca38@gmail.com

Daniela De Grandi Castro Freitas de Sá

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3512-8066>
Embrapa Agroindústria de Alimentos, Brasil
E-mail: daniela.freitas@embrapa.br

Izabela Miranda de Castro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5103-6017>
Embrapa Agroindústria de Alimentos, Brasil
E-mail: izabela.castro@embrapa.br

Gloria Maria Direito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4879-1310>
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: direitogm@yahoo.com.br

José Luiz Ramirez Ascheri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7449-8815>
Embrapa Agroindústria de Alimentos, Brasil
E-mail: jose.ascheri@embrapa.br

Otniel Freitas Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7658-8010>
Embrapa Agroindústria de Alimentos, Brasil
E-mail: otniel.freitas@embrapa.br

Resumo

Através do processamento do milho (*Zea mays* L.) é obtido o *grits* de milho, matéria-prima destinada principalmente para a extrusão e produção de derivados, tais como *snacks* e diversos tipos de farinhas. Devido a sua rica composição nutricional o milho quando armazenado inadequadamente torna-se vulnerável ao desenvolvimento de fungos, ácaros e insetos, comprometendo a sua qualidade e a segurança. O ozônio pode reduzir a contaminação do milho por microrganismos e também degradar micotoxinas. No entanto, a ozonização nem sempre é um processo benéfico, pois pode causar efeitos negativos associados ao seu elevado potencial de oxidação. Esta pesquisa teve como objetivo ozonizar *grits* de milho, em diferentes concentrações, a fim de analisar possíveis alterações nas características sensoriais (cor e aparência geral) e em determinados parâmetros físico-químicos de qualidade. Os resultados demonstraram que a ozonização de *grits* de milho em altas concentrações (60 mg/L por 480 min) causa alteração na cor e no aroma do produto, sendo possível constatar a diferença ($p < 0,05$) do controle tanto por método instrumental quanto através da análise sensorial. Nesta condição também são alterados os valores de pH e acidez titulável, indicando possível oxidação lipídica do produto. Desta forma, nas condições avaliadas nesta pesquisa, é recomendada a ozonização de *grits* de milho em concentração de até 40 mg de O₃/L por 300 min (utilizando 3 kg de amostra). Tais condições podem ser aplicadas na ozonização de *grits* de milho com diferentes objetivos, principalmente em relação ao controle de qualidade durante o armazenamento.

Palavras-chave: Ozônio; Cereais; Qualidade; Análise sensorial.

Abstract

Corn grits are obtained through the processing of corn (*Zea mays* L.), a raw material mainly intended for extrusion and production of derivatives, such as snacks and various types of flour. Due to its rich nutritional composition, corn when improperly stored becomes vulnerable to the development of fungi, mites and insects, compromising its quality and safety. Ozone can reduce corn contamination by microorganisms and also degrade mycotoxins. However, ozonation is not always a beneficial process, as it can cause negative effects associated with its high oxidation potential. This research aimed to ozonize corn grits, at different concentrations, in order to analyze possible changes in sensory characteristics (color and general appearance) and in certain physicochemical quality parameters. The results showed that the ozonation of corn grits in high concentrations (60 mg/L for 480 min) causes changes in the color and aroma of the product, being possible to verify the difference ($p < 0.05$) of the control both by the instrumental method and through sensory analysis. In this condition, the pH and titratable acidity values are also altered, indicating possible lipid oxidation of the product. Thus, under the conditions evaluated in this research, ozonation of corn grits in a concentration of up to 40 mg of O_3/L for 300 min is recommended (using 3 kg of sample). Such conditions can be applied in the ozonation of corn grits with different objectives, mainly in relation to quality control during storage.

Keywords: Ozone; Cereals; Quality; Sensory analysis.

Resumen

Los *grits* de maíz se obtiene a través del procesamiento del maíz (*Zea mays* L.), materia prima destinada principalmente a la extrusión y elaboración de derivados, como *snacks* y diversos tipos de harina. Debido a su rica composición nutricional, el maíz cuando no se almacena adecuadamente se vuelve vulnerable al desarrollo de hongos, ácaros e insectos, comprometiendo su calidad e inocuidad. El ozono puede reducir la contaminación del maíz por microorganismos y también degradar las micotoxinas. Sin embargo, la ozonización no siempre es un proceso beneficioso, ya que puede provocar efectos negativos asociados a su alto potencial de oxidación. Esta investigación tuvo como objetivo ozonizar *grits* de maíz, a diferentes concentraciones, con el fin de analizar posibles cambios en las características sensoriales (color y apariencia general) y en ciertos parámetros físicoquímicos de calidad. Los resultados mostraron que la ozonización dos *grits* en altas concentraciones provoca cambios en el color y aroma del producto, siendo posible verificar la diferencia ($p < 0.05$) del control tanto por el instrumental y a través del análisis sensorial. En esta condición, los valores de pH y acidez titulable también se encuentran alterados, indicando una posible oxidación lipídica del producto. Por lo tanto, bajo las condiciones evaluadas en esta investigación, se recomienda la ozonización de *grits* de maíz en una concentración de hasta 40 mg de O_3/L durante 300 min. Tales condiciones se pueden aplicar en la ozonización dos *grits* de maíz con diferentes objetivos, principalmente en relación con el control de calidad durante el almacenamiento.

Palabras clave: Ozono; Cereales; Calidad; Análisis sensorial.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais consumidos no mundo e o segundo grão mais produzido no Brasil. Segundo a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), a produção de 2020/2021 foi de 106 milhões de toneladas, com um consumo interno de 68 milhões de toneladas. O milho é uma das principais matérias-primas utilizada na indústria de alimentos, obtendo-se a partir de seu processamento diversos produtos, tais como canjica, fubá, farinhas, *grits* de diferentes granulometrias, óleo, farelo de milho, dentre outros.

Devido a sua rica composição nutricional o milho quando armazenado inadequadamente torna-se vulnerável ao desenvolvimento de fungos e à contaminação por micotoxinas (Porto, et al., 2019). As micotoxinas são moléculas orgânicas sintetizadas como metabólitos secundários de alguns fungos filamentosos, sendo os principais gêneros de ocorrência no milho o *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (Conte, et al., 2020). Dentre as micotoxinas encontradas no milho estão as aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, produzidas pelo gênero *Aspergillus*. Elas possuem efeitos tóxicos em humanos, apresentando potencial carcinogênico, mutagênico, imunossupressor e teratogênico (Di Domenico, et al., 2015).

Dentre os métodos de degradação química das micotoxinas a ozonização tem ganhado destaque nos últimos anos por ser uma tecnologia limpa e não térmica. O ozônio (O_3) é uma molécula composta de três átomos de oxigênio, com elevado potencial oxidante e, portanto, um agente desinfetante com ampla aplicação na indústria de alimentos e bebidas (Freitas-Silva, et al., 2021; Conte, et al., 2020).

Vários estudos mostraram que a oxidação causada pela ozonização é capaz de eliminar ou reduzir os níveis de

diferentes tipos de microrganismos, resíduos de pesticidas e toxinas, através da combinação de diferentes concentrações de O₃ e tempo de exposição (Sujayasree, et al., 2022; Sivaranjani, et al., 2021).

Uma das vantagens da ozonização é que o ozônio (O₃) se decompõe em oxigênio (O₂), não deixando nenhum resíduo da sua aplicação nos alimentos. No entanto, a ozonização nem sempre é um processo benéfico, pois o O₃ pode causar alterações em alimentos como mudanças nas características sensoriais, perda de cor, degradação de compostos bioativos, dentre outros efeitos negativos associados a elevada oxidação (Zhu, 2018). Desta forma, é importante estudar não apenas o efeito da ozonização na degradação das micotoxinas, mas também o efeito deste método sobre a qualidade geral do produto, a fim de encontrar uma condição ótima de ozonização e que não cause alterações negativas na qualidade do alimento.

Esta pesquisa teve como objetivo ozonizar *grits* de milho, em diferentes concentrações, a fim de verificar possíveis alterações nas características sensoriais (cor e aparência geral) e em determinados parâmetros físico-químicos de qualidade, permitindo encontrar uma condição melhor de ozonização que não interfira de forma negativa na qualidade do produto.

2. Metodologia

2.1 Amostra e ensaios de ozonização

Foram adquiridos 150 Kg de *grits* de milho (canjiquinha) de uma indústria de alimentos localizada no Rio de Janeiro-RJ. A amostra foi embalada em sacos de polipropileno com 25 Kg cada e então armazenadas em temperatura ambiente até a utilização nos experimentos.

A ozonização do *grits* de milho foi realizada através de um planejamento fatorial completo 2³ (três variáveis independentes) (Rodrigues & Lemma, 2009), onde foram testadas diferentes combinações de concentração de ozônio (em mg/L), tempo de exposição (em min) e massa de *grits* (em Kg). Foram incluídas 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios. Na Tabela 1 é apresentada a matriz do planejamento experimental com valores codificados e reais. Os ensaios de ozonização foram realizados no Laboratório de Micotoxinas da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro – RJ.

Tabela 1 – Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais.

Ensaios	Concentração de ozônio (mg/L)	Tempo de exposição (min)	Massa de milho (Kg)
1	-1 (20)	-1 (120)	-1 (1)
2	-1 (20)	+1 (480)	-1 (1)
3	+1 (60)	-1 (120)	-1 (1)
4	+1 (60)	+1 (480)	-1 (1)
5	-1 (20)	-1 (120)	+1 (5)
6	-1 (20)	+1 (480)	+1 (5)
7	+1 (60)	-1 (120)	+1 (5)
8	+1 (60)	+1 (480)	+1 (5)
9	0 (40)	0 (300)	0 (3)
10	0 (40)	0 (300)	0 (3)
11	0 (40)	0 (300)	0 (3)

Fonte: Rodrigues & Lemma (2009).

As variáveis independentes foram estipuladas com base em publicações envolvendo ozonização de diferentes grãos visando à degradação de micotoxinas, sendo: 1 – Concentração do ozônio (de 20 a 60 mg/L), 2 – tempo de exposição do *grits*

de milho (de 120 a 480 min), 3 – Massa de *grits* ozonizada (de 1 a 5 Kg). Como controles foram utilizadas amostras de 3 Kg de *grits* de milho, submetidas aos mesmos processos que as amostras dos 11 ensaios, no entanto, os controles foram expostos ao oxigênio durante 480 min, sem produção de ozônio.

2.2 Análise sensorial

Foi realizado um teste sensorial com 25 painelistas treinados para avaliar possíveis alterações no aroma e na aparência do *grits* de milho controle e ozonizado. Desse modo, 4 amostras foram apresentadas aos avaliadores, sendo um controle e três ozonizadas em diferentes concentrações, sendo: uma submetida a baixa exposição ao O₃ (tratamento 5), uma com média exposição ao O₃ (tratamento 9) e uma que foi submetida a alta exposição ao O₃ (tratamento 4). Os provadores utilizaram uma escala numerada de 1 a 5 para qualificar a existência ou não de diferença entre as amostras codificadas e o controle, sendo: 1 – nenhuma diferença; 2 – pouca diferença; 3 – moderada diferença; 4- muita diferença e; 5- extremamente diferente. Ao final do estudo cada provador realizou duas avaliações somando um total de 50 respostas. Na Figura 1 está apresentada a ficha de avaliação sensorial de cor e aparência geral de amostras de *grits* de milho ozonizadas e controle, apresentadas aos painelistas.

Figura 1 – Ficha de avaliação sensorial de cor e aparência geral de amostras de *grits* de milho ozonizadas e controle.



Fonte: Autores.

2.3 Determinação do pH e acidez total titulável

Foi utilizado um potenciômetro para determinação direta do pH (Metronal, modelo E 120), conforme metodologia 017/IV do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008), utilizando 10 g de cada amostra. A acidez total titulável foi avaliada conforme método 016/IV do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008), utilizando 5 g de amostra e titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M.

2.4 Umidade, atividade de água (Aw) e cor

A umidade foi calculada através do método 012/IV do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008), utilizando estufa a 105°C. A Aw foi determinada em equipamento Aqualab CX-2T (Decagon Devices Inc., EUA). A cor foi avaliada através de colorímetro digital Konica Minolta (CR-400) em sistema L a* b*, onde L* indica a luminosidade que varia entre 0 (para uma amostra preta; mínima refletância) e 100 (amostra branca; máxima refletância), a* consiste no eixo do vermelho (valores positivos) ao verde (valores negativos) e o b* que corresponde ao amarelo (valores positivos) até o azul (valores negativos). Para cada

amostra foram realizadas 10 leituras.

2.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando estatística descritiva e Análise de Variância (ANOVA) com comparação das médias por Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Calado & Montgomery, 2005). Todos os dados foram tratados no Software Sisvar® 5.1.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação sensorial e cor instrumental

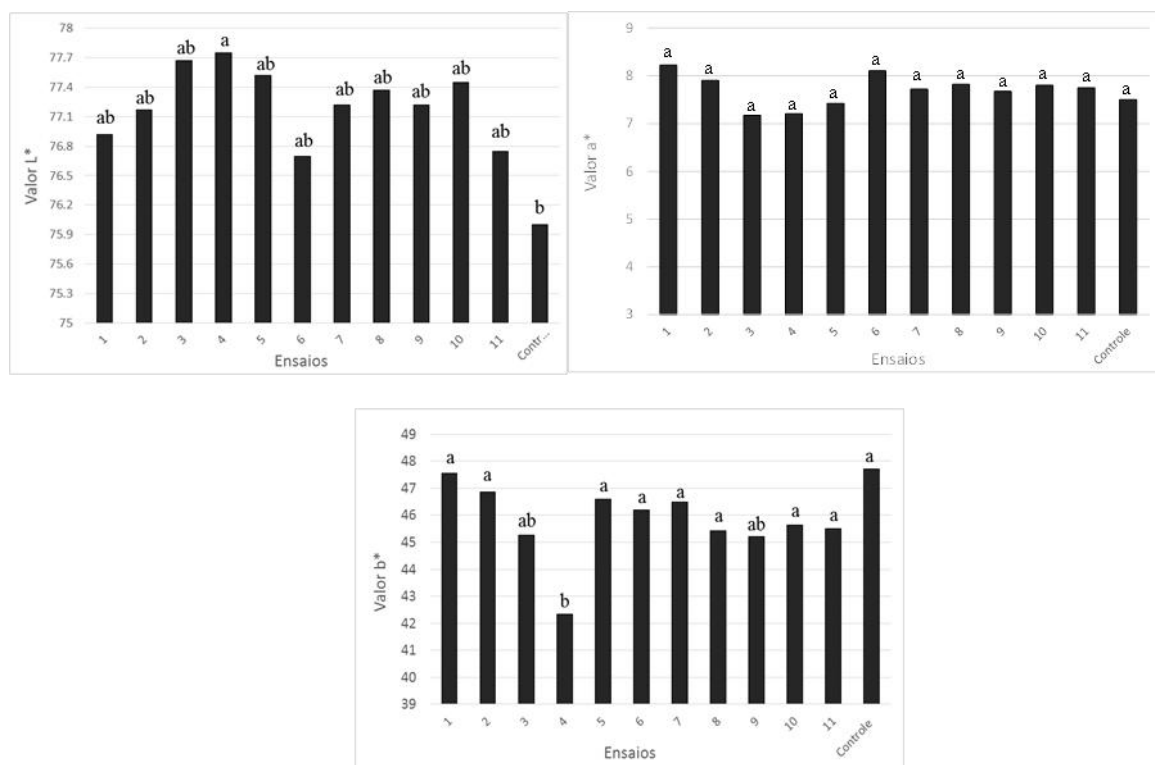
Os resultados da análise sensorial, realizado através do método de comparação múltipla para aroma demonstraram que todas as amostras foram consideradas significativamente diferentes do controle ($p < 0,05$). Isso demonstra que os provadores conseguiram diferenciar as amostras que foram ozonizadas apenas utilizando o aroma do produto como critério de diferenciação. A alteração do aroma ocorreu, provavelmente, devido a oxidação lipídica causada pelo ozônio, alterando de forma negativa o aroma natural do produto. Trombete et al. (2016) realizaram ozonização de grãos de trigo e a avaliação sensorial, usando o teste de diferença do controle, demonstrou que não houve diferença ($p > 0,05$) no aroma e na aparência global da farinha obtida dos grãos ozonizados.

Já em relação a aparência geral, os resultados obtidos pelo método de comparação múltipla demonstraram que apenas a amostra referente ao ensaio 4 (ozonização mais drástica) foi considerada significativamente diferente do controle ($p < 0,05$), apresentando nota média de 1,6, correspondendo a uma diferença entre ligeira e moderada.

Laureth (2019) demonstrou que a aplicação de ozônio interfere na coloração de amendoim devido a despigmentação parcial da coloração vermelha, presente na película que envolve os grãos, devido a presença de pigmentos como taninos, leucoantocianinas, flavanona e flobafeno. Alencar et al. (2011) também observaram alteração da coloração dos grãos de amendoim quando expostos ao ozônio, provocando sua despigmentação.

Nos resultados da avaliação instrumental da cor apresentados na Figura 2, o valor de L^* do ensaio 4 também diferiu significativamente do controle ($p < 0,05$), demonstrando aumento da intensidade do branco, enquanto o valor de a^* não diferiu ($p > 0,05$), o que era esperado uma vez que esse parâmetro avalia a intensidade do verde ao vermelho, cores que são ausentes no milho. Contudo, o valor de b^* foi menor ($p < 0,05$) no ensaio 4, demonstrando perda da intensidade da cor amarela, causado provavelmente pela perda de carotenoides devido a oxidação (não avaliado experimentalmente).

Figura 2 – Resultados da avaliação instrumental da cor - a) Parâmetro L*; b) Parâmetro a*; c) Parâmetro b*.



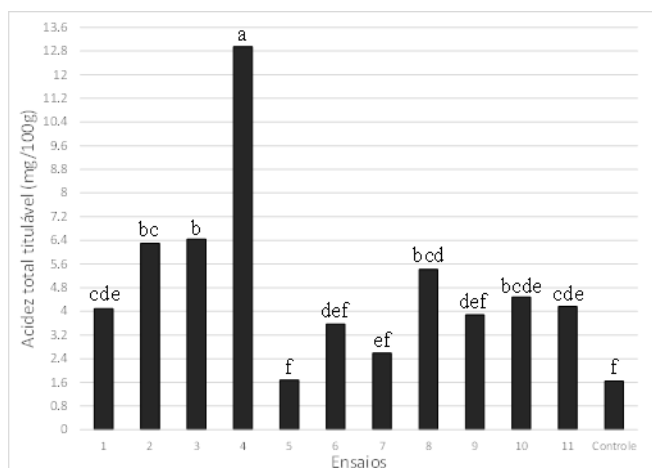
Fonte: Autores.

A capacidade do ozônio em branquear ou descolorir pigmentos, tal como os carotenoides, é uma de suas características conhecidas. No milho a cor amarelo está relacionada com a presença de carotenoides os quais são facilmente oxidados por agentes oxidantes como o ozônio (Tiwari, et al., 2008). Os carotenoides são um grupo com mais de 600 compostos lipossolúveis encontrados nas plantas conferindo cor às folhas e frutos e estão presentes no milho convencional na concentração de cerca de 20 a 25 $\mu\text{g g}^{-1}$ (base seca) de carotenoides totais (Paes, et al., 2019).

3.2 Acidez total titulável, pH e umidade

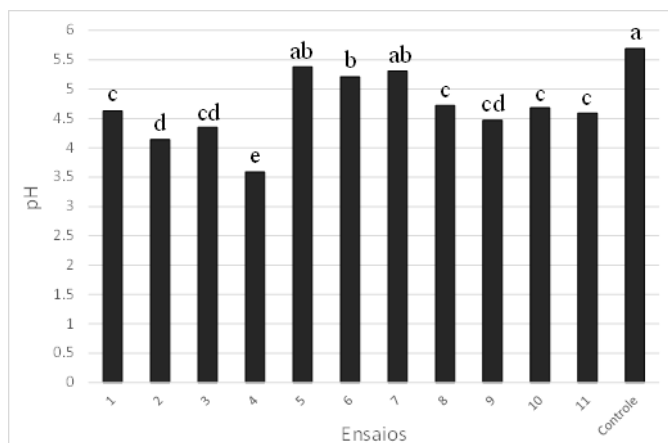
A determinação de pH e acidez pode fornecer informações sobre o estado de conservação de um produto alimentício. Os resultados apresentados na Figura 3 e Figura 4 demonstram que no presente estudo foi observado que houve diferença entre as amostras, sendo o ensaio 4 o que apresentou o maior valor de acidez e o menor valor de pH, devido as condições mais extremas de ozonização aplicadas e ao maior tempo de exposição (8 h). As amostras 5, 6, 7 e 9 não diferenciaram do controle, conforme apresentado na Figura 3. Tal diferença no pH e acidez do *grits* controle e as demais amostras ozonizadas em diferentes concentrações de ozônio podem ser atribuídas à oxidação dos lipídios, produzindo assim ácidos graxos livres que são diretamente relacionados com a redução da qualidade final dos produtos (Guzel-Seydim, et al., 2004).

Figura 3 – Resultados da análise de acidez total titulável.



Fonte: Autores.

Figura 4 – Resultados da análise de pH.



Fonte: Autores.

Quanto ao valor de umidade, não houve diferença significativa ($p > 0,05$), sendo o resultado médio correspondente a $9,5 \pm 0,4\%$. Quanto maior o teor de umidade do produto, maior será o potencial de degradação das micotoxinas pelo O_3 , devido à formação de radicais $\cdot OH$ de forte capacidade de oxidação, como demonstrado por El-Desouky et al. (2012). No presente estudo o teor de umidade do grãos de milho foi mantido baixo ($< 13\%$), a fim de simular uma condição real de armazenamento do milho pela indústria, impedindo o desenvolvimento de insetos e fungos no produto.

Luo et al. (2014) analisaram a degradação de aflatoxinas por ozônio em amostras de milho com dois diferentes teores de umidade. Os melhores resultados de degradação foram obtidos quando submetteram as amostras de milho com umidade a 13,47% à exposição do ozônio em concentrações de 40, 65, e 90 mg/L durante 40 min, obtendo taxas de degradação da aflatoxina B1 em 41,1, 56,2, e 88,1%, respectivamente. Esses mesmos autores revelaram ainda que depois do tratamento de farinha de milho exposta a concentrações de 15, 30, 45 e 75 mg/L de ozônio durante 60 minutos, houve diminuição da umidade de 17,4% para menos de 15% (Luo, et al, 2013), possivelmente devido a passagem de ar e ozônio pelos grãos.

4. Conclusão

A ozonização de *grits* de milho em altas concentrações (60 mg/L por 480 min) causa alteração na cor e no aroma do produto, sendo possível constatar a diferença ($p < 0,05$) do controle tanto por método instrumental quanto através da análise

sensorial. Nesta condição também são alterados os valores de pH e acidez titulável, indicando possíveis efeitos resultantes da oxidação lipídica do produto. Desta forma, nas condições avaliadas nesta pesquisa, é recomendada a ozonização de *grits* de milho em concentração de até 40 mg de O₃/L por 300 min (utilizando 3 kg de amostra). Tais condições podem ser aplicadas na ozonização de *grits* de milho com diferentes objetivos, principalmente em relação ao controle de qualidade durante o armazenamento. Mais estudos devem ser realizados a fim de verificar a influência da ozonização na qualidade dos cereais, principalmente nos compostos bioativos mais sensíveis a oxidação, otimizando as condições de ozonização e contribuindo para maior popularização desta tecnologia ainda considerada emergente.

Agradecimentos

Os autores são gratos a CAPES (Agência Federal Brasileira de Apoio à Pós-Graduação), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Embrapa Agroindústria de Alimentos (EMBRAPA).

Referências

- Alencar, E. R., Faroni, L. R. D., Soares, N. F. F., Carvalho, M. C. S. & Pereira, K. F. (2011). Effect of the ozonization process on the quality of peanuts and crude oil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15 (2), 154-160. doi:10.1590/S1415-43662011000200009
- Calado, V., & Montgomery, D. (2005). *Planejamento de experimentos usando Statistica*. Rio de Janeiro, Brasil: E- Papers Serviços Editoriais.
- Conte, G., Fontanelli, M., Galli, F., Cotrozzi, L., Pagni, L., & Pellegrini, E. (2020). Mycotoxins in feed and food and the role of ozone in their detoxification and degradation: an update. *Toxins*, 12 (8), 486. doi:10.3390/toxins12080486
- Di Domenico, A. S., Danner, M. A., Busso, C., Christ, D., & Coelho, S. R. M. (2015). Análise de trilha da contaminação por aflatoxinas em grãos de milho armazenados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50 (6), 441-449. doi:10.1590/S0100-204X2015000600002
- El-Desouky, T.A., Sharoba, A. M. A., El-Desouky, A. I., & El-Mansy, H. A. (2012). Effect of ozone gas degradation of aflatoxin B1 and *Aspergillus flavus* fungal. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 2 (2), 1-6. doi:10.4172/2161-0525.1000128
- Freitas-Silva, O., Coelho, C. C. D. S., Trombete, F. M., Conceição, R. R. P. D., & Ribeiro-Santos, R. (2021). Chemical Degradation of Aflatoxins. In Hakeem, K.R., Oliveira, C.A.F., Ismail, A. (eds) *Aflatoxins in Food*. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-85762-2_11
- Guzel- Seydim, Z. B., Bever, P. I. J. & Greene, A. K. (2004). Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *Food Microbiology*, 21 (4), 475-479. doi:10.1016/j.fm.2003.10.001
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo, Brasil: Instituto Adolfo Lutz. http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf
- Laureth, Jéssica Cristina Urbanski. (2019). Ozonização em grãos de amendoim com vagem e sem vagem e qualidade após armazenamento, Orientador: Divair Christ; Coorientador: Sílvia Renata Machado Coelho, 2019. Tese Doutorado, Universidade estadual do oeste do paraná, Campus De Cascavel, Centro De Ciências Exatas E Tecnológicas Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
- Luo, X., Wang, R., Wang, L., Li, Y., Wang, Li, & Chen, Z. (2013). Detoxification of aflatoxin in corn flour by ozone. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2253-2258. doi:10.1002/jsfa.6550
- Luo, X.; Wang, R.; Wang, L.; Li, Y.; Bian, Y., & Chen, Z. (2014). Effect of ozone treatment on aflatoxin B1 and safety evaluation of ozonized corn. *Food Control*, 37, 171-176. doi:10.1016/j.foodcont.2013.09.043
- Paes, M. C. D., Okumura, F., & Guimarães, C. C. (2019). *Metodologia Científica: Determinação de Carotenoides em Milho por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência*. EMBRAPA, 240, 1-13. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205807/1/Cot-240.pdf>
- Porto, Y. D., Trombete, F. M., Freitas-Silva, O., Castro, I. M. De, Direito, G. M., & Ascheri, J. L. R. (2019). Gaseous ozonation to reduce aflatoxins levels and microbial contamination in corn grits. *Microorganisms*, 7 (220). doi:10.3390/microorganisms7080220.
- Rodrigues, M. I. & Lemma, A. F. (2009). *Planejamento de experimentos e otimização de processos*. Campinas, Brasil: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor.
- Scott, D. B. M. & Leshner, E. C. (1963). Effect of ozone on survival and permeability of *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*. 85 (3), 367-376. doi:10.1128/jb.85.3.567-576.1963
- Sivaranjani, S., Prasath, V. A., Pandiselvam, R., Kothakota, A., & Khaneghah, A. M. (2021). Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. *LWT- Food Science and Technology*, 146 (2021), 111412. doi:10.1016/j.lwt.2021.111412
- Sujayasree, O. J., Chaitanya, A. K., Bhoite, R., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M., & Khaneghah, A. M. (2022). Ozone: An advanced oxidation technology to enhance sustainable food consumption through mycotoxin degradation. *Ozone: Science & Engineering*, 44 (1), 17-37. doi:10.1080/01919512.2021.1948388

Tiwari, B.K.; Muthukumarappan, K.; O' Donnell, C.P. & Cullen, P.J. (2008). Modeling colour degradation of orange juice by ozone treatment using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 88 (4), 553-560. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.03.021

Trombete, F. M.; Minguita, A.; Porto, Y. D.; Freitas-Silva, O.; Freitas-Sá, D.; Freitas, S.; Carvalho, C.; Fraga, M. E. (2016). Chemical, technological and sensory properties of wheat grains (*Triticum aestivum* L) as affected by gaseous ozonation. *International Journal of Food Properties*, 19 (12), 2739-2749. doi: 10.1080/10942912.2016.1144067

Zhu, F. (2018). Effect of ozone treatment on the quality of grain products. *Food Chemistry*. 264, 358–366. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.05.047