

EFEITOS DO USO DE ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO E DA TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO DE ARROZ INTEGRAL SOBRE A ESTABILIDADE LIPÍDICA E COMPOSTOS BIOATIVOS

Bernardo Prestes Stuker¹; Henrique Passos Neutzling²; Wagner Schellin Vieira da Silva³; Cristiano Dietrich Ferreira⁴; Newton da Silva Timm⁵; Adriano Hirsch Ramos⁶; Maurício de Oliveira⁷

Palavras-chave: atmosfera modificada, acidez do óleo, armazenagem de grãos

INTRODUÇÃO

A tecnologia de embalagens à vácuo é uma alternativa para reduzir perdas nutricionais no conteúdo proteico, no teor de lisina e fibras alimentares. Essa técnica permite o aumento do tempo de prateleira de alimentos como grãos, verduras e carnes. Porém, por ser uma tecnologia de alto custo de produção e dificuldade de implantação em larga escala e para o armazenamento de grandes volumes, acaba se tornando inviável ao setor industrial (TANANUWONG e MALILA, 2011). Tananu Wong e Malila (2011) estudaram o envelhecimento acelerado de arroz com diferentes embalagens a vácuo, em embalagens de polietileno, alumínio e polietileno de baixa densidade linear ou nylon, armazenadas à temperatura ambiente ou 15 °C por até 12 meses. Os autores relataram que grãos embalados em recipientes de vidro, impermeáveis a gases e vapor d'água, com redução de oxigênio (O₂), retardam a deterioração do arroz, que pode estar ligada a redução do desenvolvimento de insetos nessas condições.

O emprego de embalagens convencionais é onde ocorre as maiores perdas das características nutricionais e a presença de insetos durante o armazenamento de arroz integral. A fração lipídica é a mais suscetível à deterioração durante o armazenamento, que pode aumentar a rancidez hidrolítica ou oxidativa (ELIAS et al., 2013).

Uma alternativa para que não ocorra esses efeitos indesejados é o uso de absorvedores de O₂. Os absorvedores promovem efeito antioxidante e aceleram o acúmulo de ácidos graxos livres nos lipídios. Neste caso, o absorvedor é uma alternativa para obter uma atmosfera modificada com baixo custo e a curto prazo, além de reduzir a oxidação ou a hidrólise dos lipídios (TSUZUKI et al. 2014).

Sendo assim, este estudo objetivou avaliar os efeitos do uso de absorvedores de oxigênio e da temperatura de armazenamento sobre os parâmetros de qualidade e compostos bioativos do óleo de arroz extraído de grãos armazenados por 8 meses.

MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de arroz com 13% de umidade foram descascados em engenho de provas (Modelo, Zaccaria Paz-1-DTA). Foram utilizados sachês contendo absorvedores de oxigênio, constituídos por uma mistura de pó de ferro fino, carvão ativado, terra diatomácea e sal de sódio (Quimidrol, Joinville, Brasil). As amostras de arroz (1 kg) descascado (esbramado) foram armazenadas durante

¹ Acadêmico de Agronomia., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, Avenida Brasil 180, C.P.96025-000 e-mail: bernardoprestes9@gmail.com

² Acadêmico de Agronomia., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: henriqueneutzling@hotmail.com

³ Eng. Agr., Dr., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: wagnersvulva@yahoo.com

⁴ Eng. Agr., Dr., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: cristiano.d.f@hotmail.com

⁵ Eng. Agrícola., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: newiton.silva.timm@hotmail.com

⁶ Eng. Agr., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: adriano.hirsch@hotmail.com

⁷ Eng. Agr., Professor Dr., UFPEL/Universidade Federal de Pelotas, e-mail: mauricio@labgraos.com.br

8 meses em embalagens de polietileno de baixa densidade, em uma condição hermética. Foram armazenadas amostras com e sem absorvedores de O₂ e em temperatura de 5, 20 e 35 °C.

Após o armazenamento dos grãos foi realizada a extração do óleo pelo método de extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet, segundo AACC (1995). Foi realizada a extração do óleo de uma amostra antes do armazenamento (inicial). A acidez do óleo foi determinada seguindo o procedimento descrito no método AACC 02-01A (AACC, 2000).

A absorbância da solução foi medida usando um espectrofotômetro (Jenway, 6705 UV/Vis) nos comprimentos de onda de 232 e 270 nm. Os valores dos coeficientes foram calculados da seguinte forma: $K=A / (C \times L)$, sendo A a absorbância à 232 e 270 nm; C a concentração de óleo em isooctano (g 100mL⁻¹) e L é o comprimento da cubeta (cm).

O conteúdo total de carotenoides foi determinado de acordo com o método descrito por Rodriguez-Amaya (1999). Os resultados foram expressos em mg de β-caroteno por 100 g de óleo. Os procedimentos para a determinação de γ-orizanol foi adaptada a partir de Chen e Bergman (2005).

Para comparação dos resultados, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A acidez e os coeficientes de extinção específicos do óleo de arroz armazenado por 8 meses com e sem absorvedores de O₂ e em diferentes temperaturas são apresentados na Tabela 1. A acidez do óleo de arroz aumentou em todos os tratamentos após 8 meses de armazenamento ($p < 0,05$). Os grãos armazenados com absorvedores de oxigênio obtiveram menores valores no índice de acidez do óleo, sendo 20,7, 10,5 e 6,8% menores para 5, 20 e 35 °C, respectivamente, em comparação aos grãos armazenados sem absorvedores de oxigênio nessas temperaturas.

Tabela 1. Efeitos do uso de absorvedores de O₂ (A.O.) e da temperatura de armazenamento na acidez e nos coeficientes de extinção específica (K_{232} e K_{270} nm) do óleo de arroz após 8 meses de armazenamento.

T (°C)	A.O.	Acidez (mg NaOH.g ⁻¹)	K_{232}	K_{270}
	Inicial	2,08 ± 0,01 ^f	2,26 ± 0,22 ^e	1,97 ± 0,13 ^d
5	Com	3,10 ± 0,10 ^e	2,40 ± 0,15 ^e	2,04 ± 0,12 ^d
5	Sem	3,91 ± 0,11 ^d	2,43 ± 0,11 ^e	2,23 ± 0,14 ^d
20	Com	4,19 ± 0,10 ^d	3,58 ± 0,04 ^d	2,60 ± 0,04 ^c
20	Sem	4,68 ± 0,09 ^c	3,96 ± 0,10 ^c	2,87 ± 0,22 ^{bc}
35	Com	5,04 ± 0,01 ^b	4,80 ± 0,08 ^b	2,95 ± 0,10 ^{ab}
35	Sem	5,41 ± 0,03 ^a	5,69 ± 0,01 ^a	3,24 ± 0,04 ^a

*Médias de 3 repetições com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

O aumento da acidez do óleo de arroz pode ocorrer em temperaturas de 4 °C a 20°C e a 43°C, em atmosfera convencional ou à vácuo (MALEKIAN et al., 2000; SUNG et al., 2014; ZHANG et al., 2007). Esse aumento pode ser atribuído a atividade de enzimas lipolíticas e oxidativas (MALEKIAN et al., 2000; SUNG et al., 2014; ZHANG et al., 2007) ou a maior atividade da enzima lipase, que tem a aproximadamente 37 °C a condição ótima para clivagem de triacilgliceróis (MALEKIAN et al., 2000).

Ambos os coeficientes de extinção específicos aumentaram ($p < 0,05$) após 8 meses de armazenamento a 20 e 35 °C, quando comparados ao armazenamento a 5 °C. Foi observado que, com adição de absorvedores de O₂, os coeficientes de degradação primária (K_{232}) foram 9,6 e 15,6% menores para os óleos de grãos armazenados a 20 e 35 °C, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com Clodoveo et al. (2007), que armazenaram azeite de oliva a 5 e 20

°C. No coeficiente de degradação secundária (K_{270}) não foi observado diferença do uso de absorvedores de O_2 ($p > 0,05$). A degradação da fração lipídica via oxidação ocorre principalmente pela ação das peroxidases. Assim, o oxigênio reage com as insaturações de ácidos graxos livres, produzindo a oxidação primária e formando produtos secundários, como aldeídos e cetonas, que alteram o sabor e odor de óleos vegetais (Rodrigues et al., 2012).

Os efeitos do uso de absorvedores de O_2 e da temperatura de armazenamento sobre o conteúdo total de γ -oryzanol, δ -, γ - e α -tocoferol e o conteúdo total de carotenoides estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Efeitos do uso de absorvedores de O_2 (A.O.) e da temperatura de armazenamento sobre o conteúdo total de γ -oryzanol, δ -, γ - e α -tocoferol e o conteúdo total de carotenoides do óleo de arroz após 8 meses de armazenamento.

T (°C)	A.O.	γ -oryzanol (mg.g ⁻¹)*	δ -tocoferol (μ g.g ⁻¹)*	γ -tocoferol (μ g.g ⁻¹)*	α -tocoferol (μ g.g ⁻¹)*	Carotenoides (mg β -caroteno. 100 g ⁻¹)*
Inicial		25,86 \pm 0,21 ^{ab}	29,47 \pm 0,18 ^a	72,82 \pm 0,39 ^a	136,69 \pm 0,04 ^{ab}	23,69 \pm 0,14 ^a
5	Com	23,62 \pm 0,33 ^{ab}	22,27 \pm 0,61 ^b	39,36 \pm 0,24 ^{bc}	127,46 \pm 0,12 ^{abc}	22,42 \pm 0,21 ^b
5	Sem	22,90 \pm 0,22 ^{ab}	21,43 \pm 0,12 ^b	39,40 \pm 0,17 ^{bc}	128,77 \pm 0,24 ^{abc}	21,38 \pm 0,31 ^{bc}
20	Com	21,41 \pm 0,12 ^{bc}	19,49 \pm 0,17 ^c	34,56 \pm 0,15 ^{bc}	122,14 \pm 0,29 ^{bc}	20,71 \pm 0,41 ^c
20	Sem	21,52 \pm 0,25 ^{bc}	18,41 \pm 0,15 ^d	34,19 \pm 0,23 ^{bc}	119,23 \pm 0,17 ^{bc}	19,19 \pm 0,15 ^d
35	Com	18,29 \pm 0,12 ^{cd}	17,22 \pm 0,41 ^e	24,13 \pm 0,31 ^d	95,47 \pm 0,19 ^d	18,77 \pm 0,07 ^d
35	Sem	17,75 \pm 0,11 ^{cd}	14,45 \pm 0,23 ^f	22,94 \pm 0,09 ^d	91,80 \pm 0,11 ^d	16,75 \pm 0,03 ^e

*Médias de 3 repetições com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença estatística no teste de Tukey ($p < 0,05$).

O conteúdo de γ -oryzanol diminuiu ($P < 0,05$) ao final de 8 meses de armazenagem para os grãos armazenados com e sem absorvedores de O_2 , quando foram armazenados a 35 °C. Pascual et al. (2013) e Ziegler et al. (2017) estudaram os efeitos de parboilização e período de armazenamento de 6 meses nos teores de γ -orizanol, e também observaram redução no conteúdo de γ -oryzanol em grãos de arroz integrais armazenados sob diferentes temperaturas durante 6 meses.

Foi observado uma redução em conteúdo de δ -tocoferol durante o armazenamento. Não foram observadas diferenças no δ -tocoferol do óleo dos grãos armazenados a 5 °C com e sem absorvedores de O_2 . No entanto, quando os grãos foram armazenados a 20 °C, foi observado uma redução na concentração de δ -tocoferol de 5,54% no óleo dos grãos armazenados sem absorvedores de O_2 , em relação aos com absorvedores. Houve uma redução ainda maior quando os grãos foram armazenados sem absorvedores de O_2 com uma temperatura de 35°C em relação ao armazenado com absorvedor, essa redução foi de 16,08% na concentração de δ -tocoferol.

No γ -tocoferol foi observado uma redução no armazenamento, principalmente a temperatura de 35°C, apesar de não apresentar diferença no uso de absorvedores de O_2 , no entanto não foi observado diferença entre as condições com e sem absorvedores a 5 e 20 °C.

No óleo extraído dos grãos de arroz armazenados a 35 °C foram observados os menores conteúdos de α -tocoferol e não teve efeito do uso do absorvedor de O_2 . Nos grãos armazenados a 5 e 20°C os conteúdos de α -tocoferol se mantiveram elevados e sem diferença com o uso ou não de absorvedores de O_2 . Tsuzuki et al. (2014) observou em seu estudo a redução de tocomanóis (tocoferóis + tocotrianóis) quando armazenaram grãos de arroz integral por 8 semanas a 26 °C, tendo a maior redução destes quando o produto foi armazenado sem absorvedores de O_2 .

O conteúdo total de carotenoides diminuiu no armazenamento, independente da temperatura e do uso ou não de absorvedor de O_2 . A maior redução foi observada quando os grãos foram armazenados a 35 °C sem absorvedores de O_2 , a redução foi de 29,29% em relação

ao valor inicial de β -caroteno. 100^{-1} de óleo. As reduções no conteúdo total de carotenoides foram maiores sempre que os grãos foram armazenados sem absorvedores de O_2 , com exceção dos grãos que foram armazenados a 5°C em que não houve diferença do uso ou não de absorvedores. Ziegler et al. (2017) avaliou os efeitos da temperatura de armazenamento na estabilidade oxidativa e compostos bioativos presentes no óleo extraído de grãos inteiros de arroz e observou reduções no conteúdo de carotenoides no armazenando de arroz sob diferentes temperaturas de 16 a 40 °C durante 6 meses.

CONCLUSÃO

O uso de absorvedores de oxigênio durante o armazenamento de grãos de arroz integral retarda o aumento da acidez do óleo, o aumento dos coeficientes de extinção específica K_{232} e K_{270} e auxilia na manutenção do conteúdo total de carotenoides e δ -tocoferol. O uso de absorvedores de oxigênio (O_2) retardou a degradação de compostos antioxidantes nos grãos de arroz armazenados hermeticamente pelo período de 8 meses.

AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPERGS, CNPq, SCT-RS, Polo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, M-H; BERGMAN, C.J. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -orizanol contents. **Journal of Food Analysis** 18. p. 139–151, 2005.
- CLODOVEO, M.; DELCURATOLO, D.; GOMES, T.; COLELLI, G. Effect of different temperatures and storage atmospheres on *Coratina* olive oil quality. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 571–576, 2007.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; SILVA, W. S. V.; DIAS, A. R. G. Manejo técnico e operacional do armazenamento e da conservação de grãos. In: ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; PARAGINSKI, R.T. (Org.). **Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil**, 2ed. Pelotas: Ed. Santa Cruz, p. 147-206, 2013.
- MALEKIAN, F.; RAO, R. M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W. E. Lipase and Lipoxygenase Activity, Functionality, And Nutrient Losses in Rice Bran During Storage. **Louisiana Agricultural Experiment Station Bulletin**, p. 870, 2000.
- PASCUAL, C. D. S. C. I.; MASSARETTO, I. L.; KAWASSAKI, F.; BARROS, R. M. C.; NOLDIN, J. A.; MARQUEZ, U. M. L. Effects of parboiling, storage and cooking on the levels of tocopherols, tocotrienols and γ -oryzanol in brown rice (*Oryza sativa* L.). **Food Research International**, v. 50, n. 2, p. 676–681, mar. 2013.
- RODRIGUES-AMAYA, D. A Guide to Carotenoid Analysis in Foods, OMNI Research: ILSI Press: Washington D. C. 1999.
- SUNG, J.; KIM, B. K.; KIM, B. S.; KIM, Y. Mass spectrometry-based electric nose system for assessing rice quality during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 204–208, 2014.
- TANANUWONG, K.; MALILA, Y. Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. **Food Chemistry**, v. 125, n. 1, p. 179–185, 2011.
- TSUZUKI, W.; SUZUKI, Y.; YAMADA, S.; KANOC S.; OHNISHI H.; FUJIMOTO T.; HORIGANE A. Effect of oxygen absorber on accumulation of free fatty acids in brown rice and whole grain wheat during storage. **LWT - Food Science and Technology**, p. 1–8, 2014.
- ZHANG, Y.; YU, Z.; LU, Y.; WANG, Y.; SHE, D.; SONG, M.; WU, Y. Effect of the absence of lipoxygenase isoenzymes on the storage characteristics of rice grains. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 1, p. 87–91, 2007.
- ZIEGLER, V.; FERREIRA, C. D.; CRIZEL CARDOZO, M. M.; OLIVEIRA, M. de; ELIAS, M. C. Pigmented rice oil: Changes in oxidative stability and bioactive compounds during storage of whole grains. **Journal of Food**

Processing and Preservation, p. e13295, 2017.