

## EFEITO DA OZONIZAÇÃO NOS TEORES DE AÇÚCARES EM RAÍZES DE MANDIOQUINHA-SALSA DURANTE O ARMAZENAMENTO

PATRÍCIA HELENA RIBEIRO<sup>1</sup>, LÊDA RITA D'ANTONINO FARONI<sup>2</sup>, DANIEL FRANCIS RIBEIRO<sup>3</sup>, JAQUELINE APARECIDA FERREIRA<sup>4</sup>, ANA CLAUDIA VIEIRA LELIS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Estudante de Doutorado em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG, Fone: (0XX31) 3899-1926, patricia.ribeiro@ufv.br

<sup>2</sup> Professora Associada II, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG.

<sup>3</sup> Estudante de Mestrado em Engenharia Agrícola, Dpto. de Entomologia, UFV, Viçosa - MG.

<sup>4</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola, Dpto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG.

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola, Dpto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** A mandioquinha-salsa é um produto de relevância comercial e o Brasil está entre os maiores produtores dessa raiz. Os teores de açúcares são importantes no processamento com qualidade desse produto. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito dos diferentes tempos de exposição e períodos de armazenamento nos teores dos açúcares: solúveis totais (AST), redutores (AR) e não redutores (ANR), em raízes de mandioquinha-salsa. As raízes foram tratadas com ozônio dissolvido em água, na concentração de 1,52 mg L<sup>-1</sup>. O gás foi aplicado em fluxo contínuo, na vazão de 2 L min<sup>-1</sup>, em água destilada a 20 °C e as raízes mergulhadas após saturação da água, nos períodos de exposição 10, 20, 30 e 90 min. Em seguida, foram acondicionadas em câmara climática (23±2 °C e 85±5% UR) e avaliadas nos dias 0, 1, 4, 7 e 10. Não houve diferença estatística entre raízes expostas ou não ao ozônio. Verificou-se nas raízes ozonizadas que os AR apresentaram efeito quadrático significativo para tempo de exposição e período de armazenamento, atingindo o máximo em 5,29 dias e mínimo em 42,16 min. Houve correlação significativa e positiva entre AST x ANR. Concluiu-se que os teores de açúcares não foram influenciados pelo processo de ozonização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arracacia xanthorrhiza, ozônio, hortaliça.

## EFFECT OF OZONATION IN THE SUGAR LEVELS OF ARRACACHA ROOTS DURING THE STORAGE

**ABSTRACT:** The arracacha is a product of commercial importance and Brazil is one of the largest producers of it. The sugar levels are important to the quality of this product. The objective of this study was to evaluate the effect of different exposure times and storage periods in the sugar levels: total soluble (TSS), reducing (RS) and non-reducing (NRS) in arracacha roots. The roots were treated with water dissolved ozone in a concentration of 1.52 mg L<sup>-1</sup>. The gas was continuously applied (at a flow rate of 2 L min<sup>-1</sup>) in distilled water at 20 °C. Groups of arracacha roots were submitted to four different exposure times (10, 20, 30 or 90 min) and maintained in a climate chamber (23±2 °C and 85±5% RH) and evaluated in 0, 1,

4, 7 and 10 days. There was no statistical difference between exposed roots or not to ozone. It was found in the ozonated roots that the RS showed a significant quadratic effect for exposure time and storage period, reaching a maximum in 5.29 days and minimum in 42.16 minutes. There was significant and positive correlation between TSS x NRS. We conclude that the sugar levels were not affected by the ozonation process.

**KEYWORDS:** Arracacia xanthorrhiza, ozone, vegetable.

## INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é um produto de relevância comercial que caracteriza-se como um alimento energético pelo seu alto teor de carboidratos. O Brasil está entre os maiores produtores dessa raiz.

Os açúcares redutores (glicose e frutose) e os não redutores (sacarose) são importantes para o processamento desse produto, pois durante a fritura ocorre a reação de *Maillard*, que pode produzir uma coloração escura, diminuindo a qualidade do produto final (Chapper et al., 2002). Esses açúcares são indicadores da qualidade do processo, pois durante o armazenamento a sacarose pode ser hidrolisada a glicose e frutose. Durante a fritura, esse efeito pode ser potencializado, aumentando o desenvolvimento da cor escura e diminuindo a qualidade do produto final (Rodríguez-Saona e Wrolstad, 1997).

Uma alternativa ao problema gerado pelo excesso de safra da mandioquinha-salsa seria a exportação das raízes para outros centros de comercialização, porém esta possibilidade está limitada em função da alta perecibilidade das raízes pós-colheita. É um produto altamente perecível, com máxima duração de 2-3 dias na condição de exposição nos mercados (Henz e Reifschneider, 2005). O apodrecimento-mole, causado pela ação das bactérias do gênero *Erwinia*, é a doença mais importante dessa raiz. No Brasil não há produtos registrados para o controle de *Erwinia* em mandioquinha-salsa. Uma alternativa de tratamento pós-colheita de hortaliças é a aplicação de gás ozônio (O<sub>3</sub>), uma forma alotrópica do oxigênio, que se caracteriza, principalmente, por apresentar alta reatividade e tempo de meia-vida entre 15 e 50 min, sendo degradado em O<sub>2</sub>, não apresentando resíduo tóxico (Spencer, 2003). Seu alto poder oxidativo torna-o um forte agente antimicrobiano. Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito dos diferentes tempos de exposição ao ozônio e períodos de armazenamento nos teores dos açúcares: solúveis totais (AST), redutores (AR) e não redutores (ANR), em raízes de mandioquinha-salsa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Setor de Armazenamento e Pré-Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG. Foram utilizadas raízes de mandioquinha-salsa de tamanho médio, da variedade Amarela de Senador Amaral, obtidas diretamente de produtor na cidade de Ouro Branco, MG. As raízes foram colhidas manualmente 10 meses após o plantio e transportadas em caixas plásticas recobertas com papel, à temperatura ambiente, até o laboratório, e armazenadas sem lavar até o início do experimento. No dia seguinte a colheita, as raízes foram lavadas manualmente com o auxílio de uma esponja, selecionadas quanto a danos, deformações visíveis e doenças, com a finalidade de se obter um produto homogêneo e então, imediatamente submetidas ao processo de ozonização. As raízes foram tratadas com ozônio dissolvido em água, na concentração de 1,52 mg L<sup>-1</sup>. O gás foi aplicado em fluxo contínuo, na

vazão de 2 L min<sup>-1</sup>, em água destilada a 20 °C e as raízes mergulhadas após a saturação da água, nos períodos de exposição 10, 20, 30 e 90 min. Em seguida, foram acondicionadas em câmara climática (23±2 °C e 85±5% UR) e avaliadas durante 10 dias. Nos controles substituiu-se o ozônio por ar atmosférico. O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os períodos de exposição ao ozônio e nas subparcelas os dias de armazenamento, no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. A comparação dos valores médios das análises das raízes ozonizadas ou não, foi feita pelo teste “t” a 5% de probabilidade. Os dados obtidos das raízes de mandioca-salsa expostas ao ozônio foram submetidos à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no R<sup>2</sup>, na análise de resíduo, na falta de ajuste e no fenômeno biológico.

Para extração dos AST, 5 g de raiz de mandioca-salsa trituradas com o auxílio de um homogeneizador de amostras “mixer” (Walita, Varginha, MG) foram postos em um recipiente de vidro e adicionado etanol 80% a 60-70 °C em volume suficiente para cobrir a amostra e paralisar o metabolismo. O recipiente foi mantido em condições ambiente para a diminuição da sua temperatura e, em seguida, armazenado a 4 °C até o dia da análise. Posteriormente, a mistura foi triturada no Ultra Turrax (IKA, Staufen, Alemanha) e centrifugada por 10 min, a 10.000 g, em centrífuga 206 (Fanem, Guarulhos, SP). Foi feita a filtração em papel filtro, sendo os sobrenadantes recolhidos em provetas. Após repetir o processo de centrifugação e filtração por 3 vezes, o volume de extrato alcoólico resultante do processo foi completado para 25 mL com etanol 80% (v/v). O extrato alcoólico foi armazenado a 4 °C para posterior quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

Para a quantificação dos Açúcares Solúveis Totais (AST) seguiu-se o método Fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956), a de Açúcares Redutores (AR) foi feita pela técnica de Somogy-Nelson (Nelson, 1944) e os Açúcares Não Redutores (ANR) foram estimados, subtraindo-se o teor de AR do teor de AST, tendo sido todos expressos em %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de AST, AR e ANR (%) nas raízes de mandioca-salsa, ao longo do período de armazenamento, a 23±2 °C e UR de 85±5%, não apresentou variação significativa nos tratamentos a 5% de probabilidade, entre raízes expostas ou não ao ozônio dissolvido em água, em nenhum dos diferentes tempos de exposição (Tabelas 1, 2 e 3).

De acordo com as análises de regressão feitas para os dados obtidos dos tratamentos com mandioquinhas-salsa expostas ao ozônio, não foi verificado efeito do tempo de exposição e do período de armazenamento sobre o teor AST e ANR, sendo o valor  $\hat{y} = 0,80$  e 0,20 % respectivamente. A equação para AR foi ajustada e plotou-se o gráfico de superfície de resposta da estimativa de AR (%) em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) apresentado na Figura 1A. Foi verificado efeito quadrático significativo tanto para tempo de exposição, quanto para período de armazenamento ( $p < 0,15$  e  $P < 0,01$  respectivamente).

A Figura 1B apresenta o teor de AR em função do período de armazenamento, fixando-se os tempos de exposição; e a Figura 1C, o teor de AR em função do tempo de exposição, fixando-se os dias de armazenamento. O teor de AR nas raízes de mandioca-salsa aumentou para todos os tempos de exposição até atingir o ponto máximo em 5,29 dias e um ponto mínimo em 42,16 min para todo o período de armazenamento.

Substituindo-se os valores de cada tempo de exposição e os respectivos dias de armazenamento na equação de regressão ajustada para AR, nas condições estudadas, em média, o maior teor de AR ocorreu na combinação do tempo de exposição de 90 min com o

dia 4 do período de armazenamento (1,00%), enquanto o menor teor de AR, na combinação do dia 0 do período de armazenamento com o tempo de exposição de 30 min (0,38%).

As condições ótimas para AR foram obtidas derivando-se as equações para determinar o ponto crítico. Conforme pode ser observado, a condição para se obter o mínimo de AR é aos 5,29 dias de armazenamento para um tratamento com período de exposição de 42,16 min (Figura 1B e 1C).

Durante o armazenamento de produtos agrícolas, pode ocorrer degradação de reservas de carboidratos, em que o amido é hidrolisado a sacarose e este, por sua vez, em açúcares redutores, liberando dióxido de carbono e água (Bisognin et al., 2008; Bhering et al., 2009).

O aumento no teor de açúcares em batatas armazenadas em temperatura ambiente pode ser justificado pelo processo de respiração dos tubérculos para suprir as necessidades energéticas, que resultam na degradação de reservas de carboidratos.

Com base nas análises da superfície de resposta de AR, foi possível determinar a melhor condição para se obter o mínimo de açúcares redutores. Essa condição seria 42,12 min de exposição ao ozônio dissolvido em água e 5,29 dias de armazenamento.

Nos dias 1 e 4 de armazenamento alguns valores de ANR chegaram a zero ou próximo de zero, indicando que a quase totalidade dos açúcares eram de redutores.

Quadros et al. (2010), analisando batatas armazenadas por 30 dias à temperatura ambiente, observaram que os ANR sofreram oscilação ao longo do período de armazenamento, mas não houve alteração significativa para este período.

Observou-se correlação significativa e positiva entre ANR x AST, ou seja, verifica-se elevação nos ANR com o aumento de AST. O aumento do teor de ANR pode ser atribuído à concentração da massa seca devido a perda de água pelas raízes e/ou pela alteração dos carboidratos nos órgãos de reserva.

Em cenoura, raiz tuberosa da mesma família da mandioquinha-salsa (*Umbelliferae*), o padrão de alteração dos carboidratos durante o armazenamento em ar refrigerado é o aumento no teor de açúcares redutores e diminuição no teor de sacarose (Nilsson, 1987; Le Dily et al., 1993; Suojala, 2000).

TABELA 1. Valores médios do teor de Açúcares Solúveis Totais (AST) (%) em raízes de mandioquinha-salsa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento.

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,51	0,49	0,95	0,77	1,05	0,75 a
Ozônio 10'	0,54	0,47	0,76	0,96	1,24	0,79 a
Controle 20'	0,56	0,47	1,19	0,97	0,79	0,80 a
Ozônio 20'	0,70	0,57	0,67	0,95	0,88	0,75 a
Controle 30'	0,79	0,61	0,84	1,13	1,18	0,91 a
Ozônio 30'	0,67	0,51	0,94	0,89	0,71	0,74 a
Controle 90'	0,58	0,87	0,78	1,17	0,94	0,87 a
Ozônio 90'	0,61	0,87	0,84	1,39	0,73	0,89 a

\*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 2. Teor de Açúcares Redutores (AR) (%) em raízes de mandioquinha-salsa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a  $23\pm 2$  °C e UR de  $85\pm 5\%$ .

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,35	0,61	0,64	1,00	0,76	0,67 a
Ozônio 10'	0,47	0,61	0,83	0,86	0,67	0,69 a
Controle 20'	0,37	0,59	0,87	0,70	0,75	0,66 a
Ozônio 20'	0,32	0,54	1,12	0,65	0,39	0,61 a
Controle 30'	0,44	0,54	1,08	0,97	0,47	0,70 a
Ozônio 30'	0,49	0,56	1,06	0,56	0,40	0,62 a
Controle 90'	0,41	0,64	1,28	0,69	0,56	0,71 a
Ozônio 90'	0,52	0,61	0,98	0,93	0,90	0,79 a

\*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 3. Teor de Açúcares Não Redutores (ANR) (%) em raízes de mandioquinha-salsa, nos diferentes tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a  $23\pm 2$  °C e UR de  $85\pm 5\%$ .

Tratamento	Período de Armazenamento (Dias)					Média
	0	1	4	7	10	
Controle 10'	0,15	0,00	0,31	0,11	0,29	0,17 a
Ozônio 10'	0,13	0,00	0,00	0,09	0,57	0,16 a
Controle 20'	0,20	0,00	0,33	0,38	0,28	0,24 a
Ozônio 20'	0,38	0,04	0,00	0,29	0,49	0,24 a
Controle 30'	0,35	0,10	0,00	0,17	0,71	0,27 a
Ozônio 30'	0,19	0,06	0,05	0,37	0,31	0,20 a
Controle 90'	0,18	0,27	0,00	0,48	0,39	0,26 a
Ozônio 90'	0,09	0,29	0,00	0,47	0,19	0,21 a

\*Médias com a mesma letra na coluna, entre tratamento controle e tratamento com ozônio para cada tempo, não diferem entre si pelo teste t, ao nível de 5 % de probabilidade.

$$\hat{y} = 0,5246 - 0,007357 X + 0,000087160 X^2 + 0,1744 Z - 0,01648 Z^2$$

$$R^2 = 0,6653$$

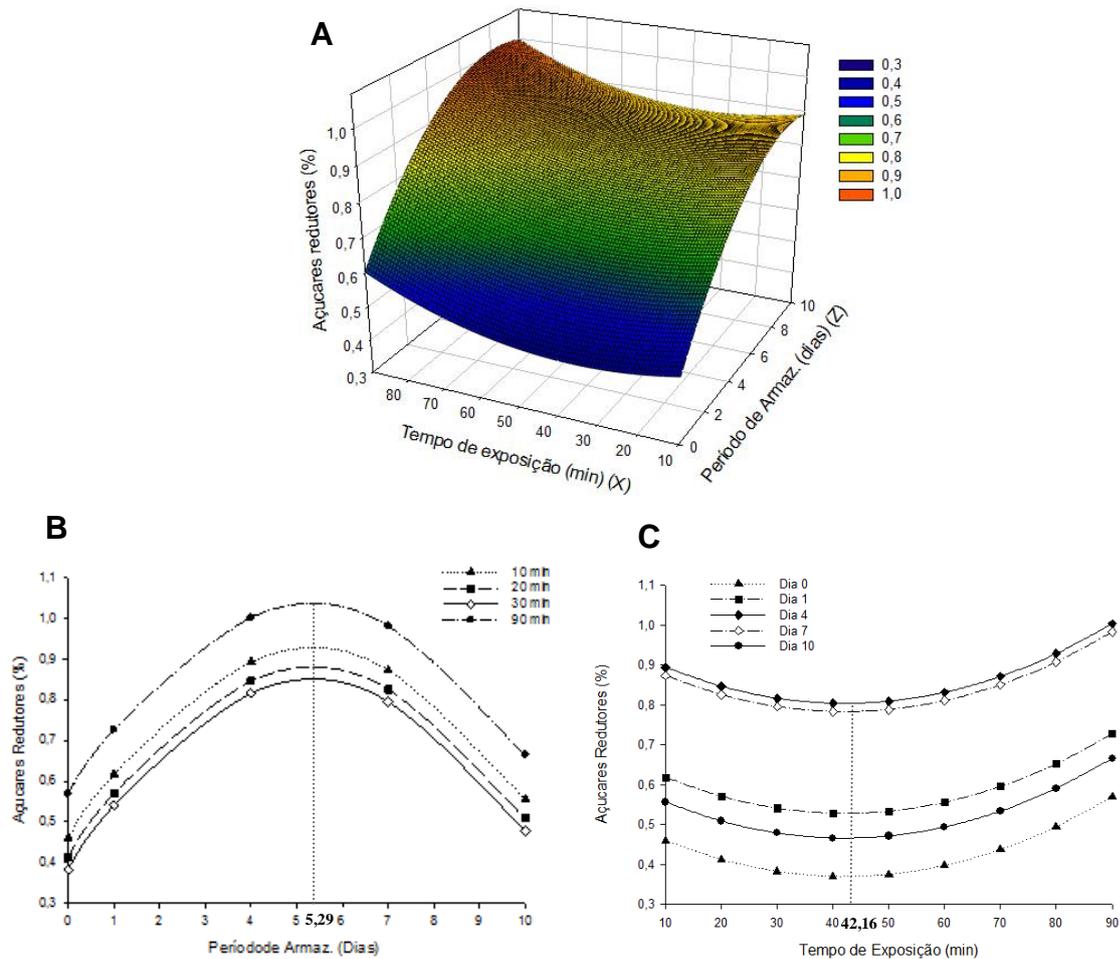


FIGURA 1. Estimativa do teor de Açúcares Redutores ( $\Delta R$ ) (%) nas raízes de mandioca-salsa expostas ao ozônio dissolvido em água, em função do tempo de exposição (X) e do período de armazenamento (Z) (A). Estimativa do teor de  $\Delta R$  em função do período de armazenamento, fixando-se o tempo de exposição (B), e estimativa do teor de AR em função do tempo de exposição, fixando-se os dias (C).

## CONCLUSÕES

O ozônio dissolvido na água, na concentração de  $1,52 \text{ mg L}^{-1}$  não afetou o teor de açúcares da mandioca-salsa.

**AGRADECIMENTOS:** CNPq, FAPEMIG e UFV.

## REFERÊNCIAS

- BHERING, L. L.; PINTO, C. A. B. P.; BENITES, F. R. G.; LEITE, M. E.; SILVA, F. L. Seleção assistida por marcadores para teor de matéria seca e açúcares redutores em tubérculos de batata. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 38-44, 2009.
- BISOGNIN, D.A.; FREITAS, S.T.; BRACKMANN, A.; ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E.I.P.; MULLER, D.R.; BANDINELLI, M.G. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.59-65, 2008.
- CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. S.; TERRIBLE, L. C. Carboidratos não estruturais em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 583-588, 2002.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-365.
- HENZ, G.P.; REIFCHNEIDER, F.J.B. Formas de apresentação e embalagens de mandioca-salsa no varejo brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.61-67, 2005.
- LE DILY, F.; VILLENEUVE, F.; BOUCAUD, J. Qualite et maturite de la Racine de carotte: Influence de la conservation au champ et au froid humide sur La composition biochimique. **Acta Horticulturae**, n.354 (June, 1994), p. 187-199, 1993.
- NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380.
- NILSSON, T. Carbohydrate composition during long-term storage of carrots as influenced by the time of harvest. **Journal of Horticultural Science**, v.62, p. 191-203, 1987.
- QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Qualidade de batata para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e não-redutores, durante o armazenamento à temperatura ambiente. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 439-443, 2010.
- RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, v. 74, n. 2, p. 87-107, 1997.
- SPENCER, R.J.S. **Ozone as a post-harvest treatment for potatoes**. 2003. 139f. Thesis (Master of Science of Plant Sciences) - University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada, 2003.
- SUOJALA, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. **HortScience**, v.85, p.1-19, 2000.