

INFLUÊNCIA DO ÁCIDO ASCÓRBICO E DA UMIDADE NA DETERIOÇÃO FISIOLÓGICA DAS RAÍZES DE MANDIOCA EM PÓS-COLHEITA¹

ÂNGELA DINIZ CAMPOS² e VÂNIA DÉA DE CARVALHO³

RESUMO - Verificou-se o efeito do ácido ascórbico e da umidade das raízes na deterioração fisiológica (DF) das cultivares de mandioca Sonora, Guaxupé e IAC 12829, durante o período de armazenamento. As raízes foram colhidas 18 meses após o plantio e as avaliações foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 7 dias de armazenamento em condições ambientais. Observou-se que a maior percentagem de umidade (61%) associada ao maior teor de ácido ascórbico (40,04 mg/100 g) nas raízes, diminuíram as oxidações que conduziriam a uma maior deterioração fisiológica das raízes.

Termos para indexação: *Manihot esculenta* Crantz, armazenamento.

INFLUENCE OF ASCORBIC ACID AND MOISTURE LEVELS ON THE PHYSIOLOGICAL DETERIORATION OF CASSAVA ROOTS AFTER HARVEST

ABSTRACT - It was studied the influence of ascorbic acid and moisture levels on the physiological deterioration of the cassava roots, cultivars Sonora, Guaxupé and IAC 12829 during different periods of storage. Roots from 18 months-old plants were tested and evaluations were made at 0, 2, 4, 6 and 7 days after storing under normal environment. It was observed that the highest percentage of moisture (61%) associated with the highest level of ascorbic acid (40,04 mg/100 g) in the roots of cv. Guaxupé, reduced oxidations and consequently the physiological deterioration of the roots.

Index terms: *Manihot esculenta*, Crantz, physiological deterioration, storage, ascorbic acid.

INTRODUÇÃO

As raízes de mandioca são muito perecíveis, e geralmente, em torno de 48 horas após a colheita já se apresentam com escurecimentos vasculares, tornando-se inaceitáveis para o consumo, tanto devido à aparência ruim quanto à péssima qualidade de cocção. Essa deterioração não-patológica das raízes depois da colheita parece ser essencialmente uma reação que ocorre nas partes injuriadas e que não se mantém localizada na superfície das mesmas,

mas se estende por toda a raiz, causando uma descoloração azul ou marrom no tecido vascular e no parênquima de armazenamento (Rickard et al. 1979, Rickard 1982).

Marriott et al. (1978) verificaram que o desenvolvimento da descoloração vascular, inicialmente, está associado com o estresse induzido pela perda de água nas feridas, e, observaram um desenvolvimento mais rápido dessa deterioração em baixa umidade. Essa incidência de deterioração através das feridas foi retardada pela cura.

A deterioração fisiológica é provocada por uma reação química que necessita de oxigênio para se processar. De acordo com trabalhos realizados por Balagopan & Padmaja (1984) e Rickard (1981 e 1985), observou-se que a oxidação dos compostos fenólicos tem um papel importante no fenômeno da deterioração vascular azul (descoloração azul). Por conseguinte,

¹ Aceito para publicação em 21 de janeiro de 1992.

² Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Fruteiras de Clima Temperado (CNPFT), Caixa Postal 403, CEP 96001 Pelotas, RS.

³ Enga. - Agra., Ph.D., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG.

os estudos indicam que a polifenoloxidase pode ser uma enzima chave associada com a deterioração vascular azul nas raízes de mandioca. Os polifenóis são oxidados a quinonas altamente reativas, como resultado da ação de enzimas. Estas quinonas formam complexos coloridos com aminoácidos e outras micromoléculas das células, os quais, ao se depositarem nos vasos vasculares, produzem o fenômeno da deterioração azul. A quinona é o produto da atividade da polifenoloxidase, responsável pela formação de pigmentos marrons ou pretos observados nas raízes após a injúria (Wheatley 1982).

O ácido ascórbico é provavelmente, o maior inibidor natural do escurecimento enzimático, e age reduzindo as o-quinonas para o-difenóis até que seja quantitativamente oxidado para ácido deidroascórbico. Em adição a este efeito, o ácido ascórbico tem sido reportado como inibidor direto da polifenoloxidase em batata (Baruah & Swain 1953, citado por Matheis 1987).

Ogunsua & Adedeji (1979), trabalhando com quatro cultivares de mandioca armazenadas em temperatura ambiente, verificaram que o conteúdo de ácido ascórbico foi de 120 a 150 mg/100 g (base seca) e o ácido deidroascórbico de 56 a 60 mg/100 g (base seca). Não houve diferenças significativas entre as cultivares. A retenção de ácido ascórbico, após cinco dias de armazenamento, foi de 25 a 30% do valor original, e, após 8 dias, observou-se queda insignificante nesse teor.

Este trabalho tem como objetivo determinar o efeito do ácido ascórbico e da umidade na deterioração fisiológica das raízes de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

Raízes das cultivares Guaxupé, Sonora e IAC 12829 foram colhidas dezoito meses após o plantio e distribuídas ao acaso em cinco contenedores plásticos para cada cultivar. A seguir, foram armazenadas em condições ambientais a uma temperatura média de 27°C e UR de 77%. As raízes foram avaliadas com relação à deterioração fisiológica, a 0, 2, 4, 6 e 7 dias de armazenamento.

Em cada avaliação foram escolhidos aleatoriamente para cada cultivar, quatro grupos de cinco raízes de

tamanho uniforme. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados.

As determinações químicas e físicas foram realizadas por cultivares, sendo as raízes seccionadas transversalmente em seis partes, nas quais as análises químicas foram efetuadas após a trituração e homogeneização dos pedaços, quando então foram determinados os seguintes parâmetros:

- Grau de deterioração fisiológica - DF (escurecimento ou descoloração %): foi avaliado o percentual da secção transversal da raiz escurecida, de acordo com Campos & Carvalho (1990).

- Umidade (%): foi determinada por secagem em estufa com circulação de ar a 60°C, até peso constante.

- Vitamina C total, ácido ascórbico e deidroascórbico (mg/100 g): foram determinados pelo método colorimétrico de Roe & Kuether, citado por Strohecker & Henning (1967).

- Percentagem de ácido ascórbico - teores percentuais relativos a vitamina C total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores iniciais de ácido ascórbico foram 40,04; 38,96 e 35,72 mg/100 g para as cultivares Guaxupé, IAC 12829 e Sonora, respectivamente (Tabela 1). Verifica-se, nas Fig. 1 e 2, onde estão representadas as equações e curvas de regressão para ácido ascórbico, bem como a percentagem desse ácido, que os maiores decréscimos são da cultivar Guaxupé, seguida de IAC 12829 e Sonora. A retenção de ácido ascórbico nas raízes, após sete dias de armazenamento, foram de 20,72%, 3,26% e 1,80%, para as cultivares Sonora, IAC 12829 e Guaxupé, respectivamente.

O ácido ascórbico tem grande poder redutor, provavelmente é o maior inibidor natural do escurecimento enzimático em raízes. A polifenoloxidase atua na hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e oxidação destes o-difenóis para o-quinonas. Os produtos de oxidação são reduzidos pelo ácido ascórbico até serem quantitativamente oxidados para ácido deidroascórbico, e as o-quinonas passam a o-difenóis. Esse processo é acompanhado de um decréscimo gradativo na atividade enzimática até que a enzima seja inativada ou até que não haja mais

TABELA 1. Valores médios de ácido deidroascórbico (mg/100 g), ácido ascórbico (%) e vitamina C total (mg/100 g), umidade (%) e grau de DF (%) das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em 5 períodos de armazenamento pós-colheita.

Constituintes	Cvs.	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Ácido deidroascórbico (mg/100 g)	Sonora	16,60a	13,53a	17,75	18,83	19,33b
	Guaxupé	7,94c	11,18a	20,71	22,17	25,79a
	IAC 12829	10,64b	12,81a	18,83	18,42	27,33a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	Sonora	35,72c	35,18	18,05	7,04	7,40a
	Guaxupé	40,04a	35,00	19,84	6,55	0,72b
	IAC 12829	38,96b	37,52	17,75	11,24	0,27b
Ácido ascórbico (%)	Sonora	68,30c	71,43	50,25	22,28	25,96a
	Guaxupé	80,86a	75,35	49,11	22,85	2,69b
	IAC 12829	78,42b	74,15	48,64	37,90	0,83b
Vitamina C total (mg/100 g)	Sonora	52,31a	48,70	35,93	25,87	26,70a
	Guaxupé	47,98b	46,18	40,55	28,72	25,70a
	IAC 12829	49,60b	50,33	36,58	29,66	26,97a
Umidade (%)	Sonora	58,47b	56,40	57,25	55,50	55,15b
	Guaxupé	61,00a	60,07	62,08	61,30	62,79a
	IAC 12829	55,13c	55,00	53,63	53,97	53,41b
Grau de DF (%)	Sonora	0,00	23,20c	58,17	73,95	76,49a
	Guaxupé	0,00	30,74b	57,85	54,58	62,83b
	IAC 12829	0,00	40,77a	51,74	58,52	78,05a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

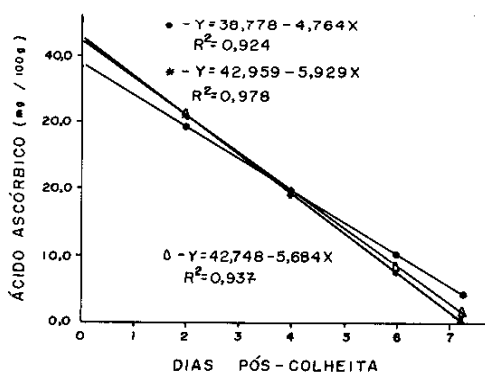


FIG. 1. Curvas de regressão entre teores de ácido ascórbico (mg/100 g) e dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. • Sonora, * Guaxupé e Δ IAC 12829.

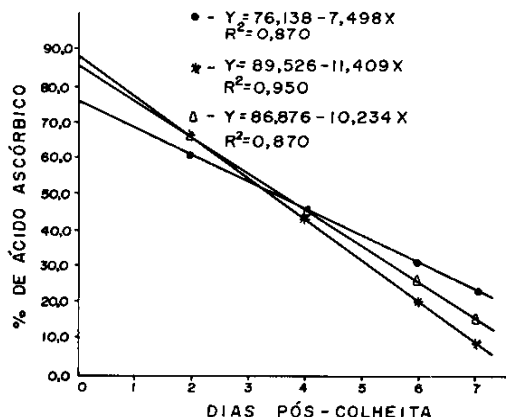


FIG. 2. Curvas de regressão entre percentagens de ácido ascórbico (mg/100 g) e dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. • Sonora n.s., * Guaxupé e Δ IAC 12829.

substrato (Ingrahan & Humphries 1977, Ma-theis 1987).

Segundo Rickard (1981, 1982) e Wheatley (1982) o aumento do material colorido no parênquima de armazenamento e no tecido vascular é acompanhado por aumentos localizados de polifenoloxidase e peroxidase. Campos & Carvalho (1990) verificaram que tanto os valores de atividade quanto as alterações durante o armazenamento da enzima peroxidase foram superiores aos da enzima polifenoloxidase.

Com relação ao ácido deidroascórbico (Fig. 3), a cultivar Guaxupé apresentou aumentos consideráveis durante o período de armazenamento, indicando maior oxidação do ácido ascórbico para as raízes desta cultivar e da IAC 12829 (Tabela 1), sendo que para a cultivar Sonora a regressão não foi estatisticamente significativa.

Quanto aos teores de vitamina C total (Fig. 4), houve decréscimos durante o período de armazenamento para as três cultivares, sendo que a Sonora apresentou maiores decréscimos do que a Guaxupé e a IAC 12829.

Com relação ao teor de umidade (Fig. 5 e Tabela 1) a cultivar Guaxupé apresentou maior teor inicial.

Observou-se menor desenvolvimento de deterioração fisiológica (Fig. 6) nas raízes da cul-

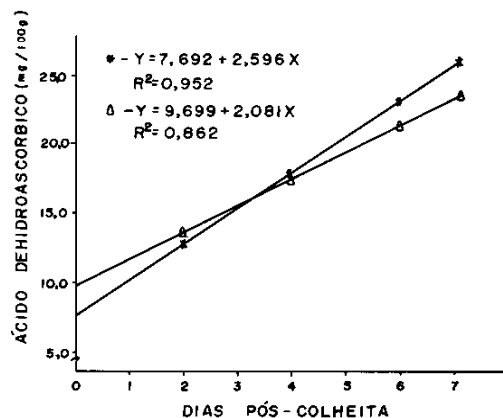


FIG. 3. Curvas de regressão entre teores de ácido deidroascórbico (mg/100 g) e dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. *Sonora - n.s., *Guaxupé e Δ IAC 12829.

tivar Guaxupé. Já as raízes da cultivar Sonora apresentaram-se bastante deterioradas no final do período de armazenamento. Com base nos resultados obtidos conclui-se que o maior teor de umidade, aliado ao maior teor inicial de ácido ascórbico (Tabela 1) pode ter sido um dos fatores que reduziu a deterioração fisiológica nas raízes. Isto pode ser explicado da seguinte forma: a maior parte da água presente em tecidos

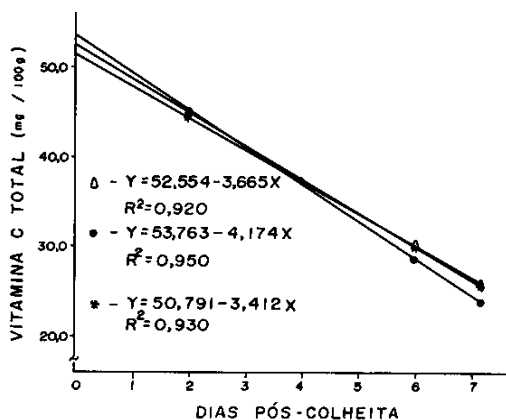


FIG. 4. Curvas de regressão entre teores de vitaminas C total (mg/100 g) dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. *Sonora, *Guaxupé e Δ IAC 12829.

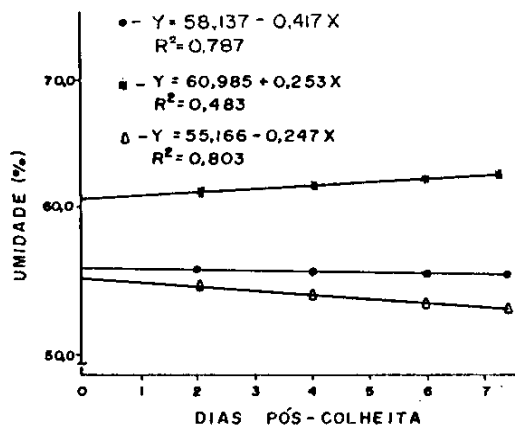


FIG. 5. Curvas de regressão entre percentagens de umidade e dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. *Sonora, *Guaxupé e Δ IAC 12829.

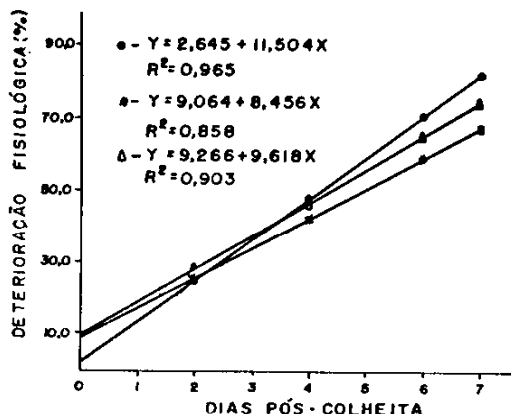


FIG. 6. Curvas de regressão entre percentagem de deterioração fisiológica e dias pós-colheita das raízes de mandioca Cvs. •Sonora, *Guaxupé e Δ IAC 12829.

dos vegetais atua na atividade enzimática (Fennema 1975), e as reações diminuem quando a concentração da umidade é menor. O fator limitante é a inadequada mobilidade dos reagentes (Karel 1975a, 1975b). À medida em que aumenta a concentração de água, cresce a mobilidade dos reagentes e aumenta a possibilidade de difusão de ácido ascórbico. Como consequência, cresce a taxa de oxidação, diminuindo a atividade da enzima e consequentemente a deterioração fisiológica. Consta-se o fato ao observar-se a Tabela 1, onde se verifica que a retenção final de ácido ascórbico da cultivar Guaxupé foi de 1,80% apresentando maiores índices de oxidação do ácido ascórbico.

Cabe ressaltar que os teores de ácido ascórbico das raízes de mandioca foram equivalentes ou superiores a algumas fontes tradicionais deste, tais como: frutas cítricas 43 mg/100 g, melão 33 mg/100 g, framboesa 24 mg/100 g e pimentão verde cru 32 mg/100 g (Mitchell et al. 1978).

CONCLUSÃO

A maior percentagem de umidade (61%) associada ao maior teor de ácido ascórbico (40,04 mg/100 g) nas raízes, propiciou menor grau de deterioração fisiológica para a cultivar Guaxupé.

REFERÊNCIAS

- BALAGOPAN, C.; PADMAJA, G. Storage of tuber crops. *Indian Farming*, New Delhi, v.33, n.12, p.51-53, Mar. 1984.
- CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. Deterioração pós-colheita de mandioca. I. Modificações no grau de deterioração fisiológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.5, p.773-781, 1990.
- FENNEMA, O.R. Water and ice. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). *Principles of Food Science: Part I - Food Chemistry*. [S.l.:s.n.], 1975. Chap. 2, p.13-39.
- INGRAHAN, I.S.; HUMPHRIES, I.R.O. Cassava storage, a review. *Tropical Science*, London, v.14, n.2, p.131-148, 1977.
- KAREL, M. Water Activity and Food Preservation. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). *Principles of Food Science: Part II - Physical Principles of Food Preservation*. [S.l.:s.n.], 1975a. Chap. 8, p.237-263.
- KAREL, M. Dehydration of Foods. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). *Principles of food Science: Part II - Physical Principles of food Preservation*. [S.l.:s.n.], 1975b. Chap. 10, p.309-357.
- MARRIOTT, J.; BEEN, B.O.; PERKINS, C. The aetiology vascular streaking in cassava roots after harvest: association with water loss from wounds. *Physiology Plant*, Roctzville, v.44, p.38-42, 1978.
- MATHEIS, G. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). II. Enzymatic browning and potato constituents. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel*, Lebensm, v.11, p.33-41, 1987.
- MITCHELL, H.S.; RYNBERGEN, H.J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V. Vitaminas hidrossolúveis. In: NUTRIÇÃO. 16 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978. Cap. 7, p.29-112.
- OGUNSUA, A.O.; ADEDEJI, G.T. Effect of processing on ascorbic acid in different varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal Food Technology*, Oxford, v.14, p.69-74, 1979.
- RICKARD, J.E. Biochemical changes involved in the post-harvest deterioration of cassava roots. *Tropical Science*, London, v.23, n.3, p.235-237, 1981.

- RICKARD, J.E. **Investigation into post-harvest behaviour of cassava roots and their response to wounding.** London: University of London, 1982. 161p. Ph.D. Thesis. University of London, 1982.
- RICKARD, J.E. Physiological deterioration of cassava roots. **Journal Science Food Agricultural**, London, v.36, n.3, p.167-168, 1985.
- RICKARD, J.E.; MARRIOTT, J.; GAHAN, P.B. Occlusions in cassava xylem vessels associated with vascular discoloration. **Annals of Botany**, Colchester, v.43, n.4, p.523-526, 1979.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas métodos comprobados.** Madrid: Paz Montavalvo, 1967. 428p.
- WHEATLEY, C. **Studies on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration.** London: University of London, 1982. 246p. Tese de Doutorado.