

DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANDIOCA

I - MODIFICAÇÕES NO GRAU DE DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA¹

ÂNGELA DINIZ CAMPOS² e VÂNIA DÉA DE CARVALHO³

RESUMO - Foi verificado o efeito do tempo de armazenamento e das diferenças varietais no grau de deterioração fisiológica (DF), nas atividades de peroxidase, polifenoloxidase e teores de fenólicos das raízes das cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829 durante o período de armazenamento pós-colheita. As raízes foram colhidas aos 18 meses de idade e as avaliações foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 7 dias de armazenamento após a colheita. As cultivares apresentaram diferenças quanto ao grau de DF: a Guaxupé com menor grau de escurecimento e a Sonora e a IAC 12829 com maior. As raízes das cultivares Sonora e IAC 12829 apresentaram maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase relacionadas com altos teores de fenólicos. Houve alterações nos constituintes químicos com o tempo de armazenamento, sendo estas alterações dependentes das cultivares. Tanto os valores de atividade quanto as alterações durante o armazenamento da enzima peroxidase foram superiores aos da enzima polifenoloxidase.

Termos para indexação: fenólicos, peroxidase, polifenoloxidase.

POST-HARVEST DETERIORATION OF CASSAVA

I - MODIFICATION IN THE RATE OF PHYSIOLOGICAL DETERIORATION

ABSTRACT - The effect of storing time and cultivar differences in the rate of physiological deterioration (PD), peroxidase and polyphenoloxidase activities, and amount of phenolics in the roots of three cassava cultivars (Sonora, Guaxupé and IAC 12829), during the post-harvest storing period were verified. Roots were harvested at 18 months old and the evaluations were made at 0, 2, 4, 6 and 7 days after storing. Cultivars presented differences concerning rate of PD, with cv. Guaxupé showing the least rate of browning and Sonora the greatest. Roots of the cultivars Sonora and IAC 12829 showed the greatest activities of peroxidase and polyphenoloxidase related to high amounts of phenolics. There were alterations in the chemical constituents during the storing period which were related to different cultivars. Both activity values and chemical alterations during storage were higher for peroxidase than for polyphenoloxidase enzyme.

Index terms: phenolics, peroxidase, polyphenoloxidase.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de mandioca do mundo, e em 1984 produziu 21.275 mil t, segundo FAO Production (1985).

Do ponto de vista econômico os produtores parecem não estar sensibilizados com as variações de preços, o que leva a concluir que esta atividade é mais voltada para a subsistência do que para o mercado. Por outro lado novas perspectivas no mercado mundial surgiram após o advento de Rússia e Coréia substituindo cereais por derivados de mandioca e o uso de "pellets" na fabricação de rações. Ao Brasil, em geral, cabe uma parcela ínfima deste mercado, entretanto, com possibilidade de crescimento (Prognóstico 1980/82).

¹ Aceito para publicação em 10 de janeiro de 1990

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.

Tendo em vista a importância da mandioca para o trópico, têm-se obtido variedades de maior rendimento e desenvolvido soluções de baixos custos e tecnologias apropriadas para melhorar a produção. Por outro lado a transferência desta tecnologia tem tropeçado em obstáculos: os agricultores não estão dispostos a aumentar sua produção em regiões onde o único mercado é o produto fresco, por não poderem vendê-la totalmente. Os preços são tão irrisórios que não cobrem os custos (Centro Internacional de Agricultura Tropical 1984).

A demanda de mandioca fresca poderia aumentar, reduzindo-se a diferença entre o preço pago ao produtor e o preço ao consumidor, que é bastante significativa: 87%. Isto porque o alto risco de deterioração das raízes faz com que os intermediários busquem maior margem de lucros para compensar as perdas, e os métodos de armazenamento mais sofisticados não são economicamente viáveis para o mercado nacional (Centro Internacional de Agricultura Tropical 1984).

Trabalhos de Booth et al. (1976), Carvalho et al. (1982a, 1982b), Sivan (1979), Wheatley (1980, 1982), Rickard (1985), demonstraram haver dois tipos de deterioração após a colheita: uma de origem fisiológica, considerada primária, que provoca o escurecimento dos tecidos e que ocorre nos primeiros dias após a colheita, e outra microbiológica (secundária), causadora de vários tipos de podridões que se iniciam de cinco a sete dias depois da colheita.

Richardson (1976), observou que com o rompimento dos tecidos por danificação mecânica a polifenoloxidase atua oxidativamente sobre o substrato disponível, acelerando o escurecimento e conseqüentemente a deterioração. A atividade desta enzima depende de vários fatores, destacando-se alguns como, concentrações de compostos fenólicos (substrato), polifenoloxidase (enzima), ácido ascórbico etc. Para Pumbley et al. (1981), tanto a deterioração microbiológica quanto a fisiológica

estão associadas às enzimas peroxidases que são produzidas pelos tecidos em resposta a condições de "stress". Marriot et al. (1980), verificaram que o desenvolvimento dos pigmentos responsáveis pelos sintomas visíveis da descoloração vascular estão associados a alterações na atividade da peroxidase, que podem estar associadas à formação do material semelhante à lignina, a partir dos fenóis e polifenóis, que são características próprias da variedade.

O presente trabalho tem por objetivo determinar o efeito do período de armazenamento e a diferença varietal no grau de deterioração fisiológica, atividades da peroxidase, polifenoloxidase e teores de fenólicos nas raízes de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

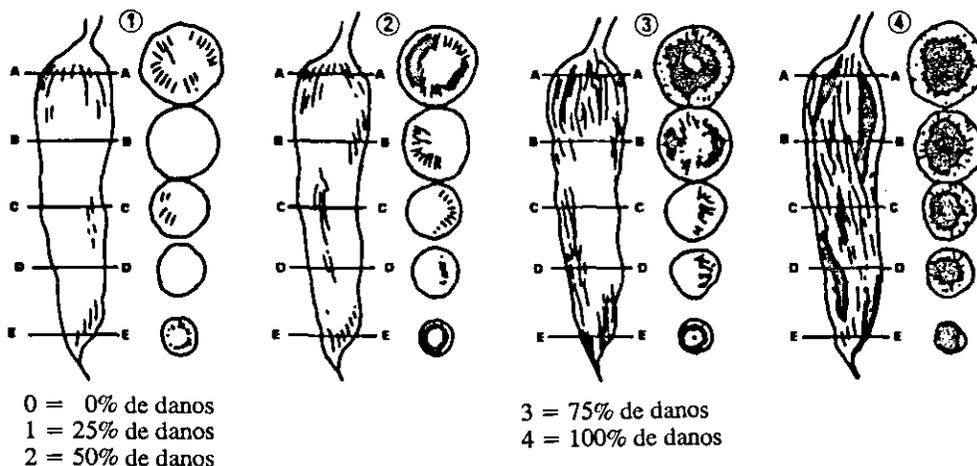
Foram utilizadas raízes das cultivares Guaxupé, Sonora e IAC 12829, plantadas na área da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, e colhidas 18 meses após o plantio.

Imediatamente após a colheita, as raízes correspondentes a cada cultivar foram lavadas e secadas à sombra. Em seguida, distribuídas em cinco contentores plásticos para cada cultivar e armazenadas em condições ambientais, a uma temperatura média de 27°C e UR de 77%. Aos 0, 2, 4, 6 e 7 dias de armazenamento pós-colheita, foram avaliadas com relação à deterioração fisiológica.

Em cada avaliação foram escolhidas, ao acaso e aleatoriamente para cada cultivar, quatro grupos de cinco raízes de tamanho uniforme.

As determinações físicas e químicas foram realizadas para cada cultivar, sendo as raízes seccionadas transversalmente em seis partes, nas quais as análises químicas foram efetuadas após a trituração e homogeneização dos pedaços das raízes. Foram determinados os seguintes parâmetros:

- Grau de deterioração fisiológica - DF (escurecimento ou descoloração %): é avaliado o percentual da seção transversal da raiz escurecida, de acordo com o esquema a seguir.



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

- Fenólicos (mg/100 g): são extraídos pela técnica recomendada por Swain & Hillis (1959) e doseados pelo reagente de Folin Denis, conforme recomendações da Association of Official Analytical Chemists (1970).

- Atividade da polifenoloxidase ou PFO (unidade/hora): é determinada de acordo com a técnica descrita por Ponting & Joslyn (1948).

- Atividade da peroxidase ou PO (unidade/minuto): é determinada de acordo com a técnica descrita por Ferhmann & Diamond (1967).

A análise de variância, o cálculo do coeficiente de correlação e a equação de regressão foram feitos segundo os métodos usuais de Pimentel-Gomes (1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à unidade e DF (Fig. 1 e 2) demonstraram que os maiores teores de umidade inicial da cultivar Guaxupé (61%), podem ter propiciado a esta cultivar uma menor DF final. Este resultado concorda com o observado por Carvalho et al. (1982b), que, para retardar-se a DF, os teores de umidade das raízes devem estar acima de 58,0%. Segundo Carvalho et al. (1985b) a cultivar IAC 12829 apresentou um grau de escurecimento intermediário quando comparada com outras cinco cultivares e foi considerada suscetível à DF. No presente trabalho esta culti-

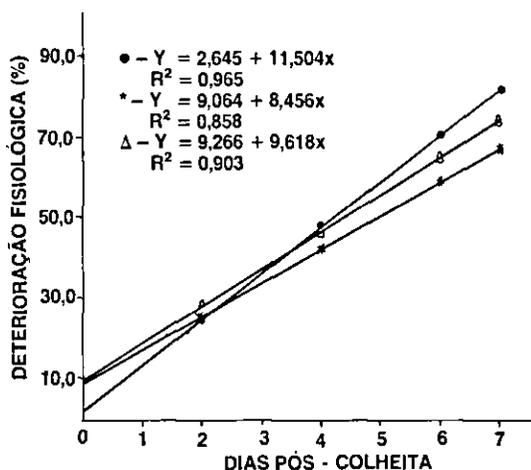


FIG. 1. Curvas de regressão entre percentagens de deterioração fisiológica e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987.

● - Sonora; * - Guaxupé; Δ- IAC 12829

var apresentou umidade inicial de 55,13%, e também, certo grau de escurecimento, apesar de não significativo, com tendências a ser maior que o da cultivar Guaxupé.

Quanto aos teores de fenólicos totais, observou-se na Fig. 3 que houve um aumento em seus níveis para a cultivar Sonora até o segundo dia de armazenamento, seguido de decréscimo; e para as cultivares IAC 12829 e Gua-

xupé, foram observados decréscimos até o sétimo dia de armazenamento. Estes resultados não concordam com os obtidos por Carvalho et al. (1985a) e Padmaja et al. (1982), que ob-

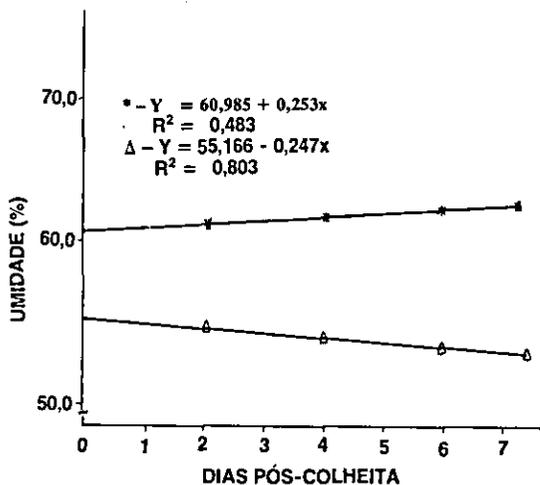


FIG. 2. Curvas de regressão entre percentagens de umidade e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987. * - Guaxupé; Δ- IAC 12829 Sonora - N.S.

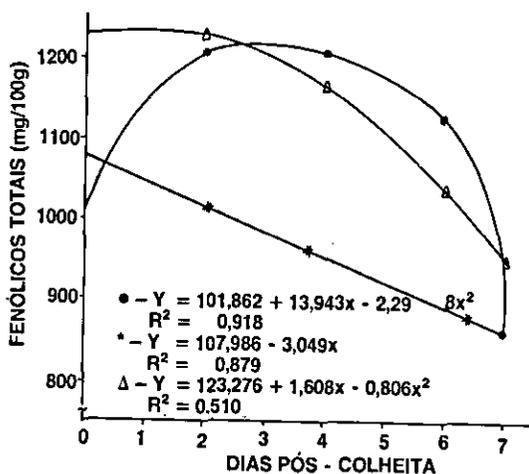


FIG. 3. Curvas de regressão entre teores de fenólicos totais e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987. ● - Sonora; * - Guaxupé; Δ- IAC 12829

servaram decréscimos iniciais nos fenólicos totais seguidos de aumentos posteriores.

Com relação às formas de fenólicos extraíveis em metanol a 50%, verifica-se através da Fig. 4 que houve aumentos iniciais para as três cultivares, seguidos de decréscimos a partir do terceiro dia de armazenamento para as cultivares IAC 12829 e Guaxupé, sendo que a cultivar Sonora apresentou decréscimo a partir do quarto dia de armazenamento. Os aumentos iniciais destes fenólicos podem ter decorrido da hidroxilação de monofenóis, e os decréscimos, da oxidação de difenóis, ambos pela ação da enzima polifenoloxidase, sendo a quinona o produto da oxidação. Consta-se o fato, ao comparar-se a Fig. 4 com a Fig. 8, onde se verifica que a atividade enzimática começa a decrescer com o decréscimo dos substratos. Estes resultados estão de acordo com o autor Wheatley (1982), que afirma que a ação da polifenoloxidase se processa da seguinte maneira: hidroxilação de monofenóis para O-difenóis e oxidação destes O-difenóis para quinonas.

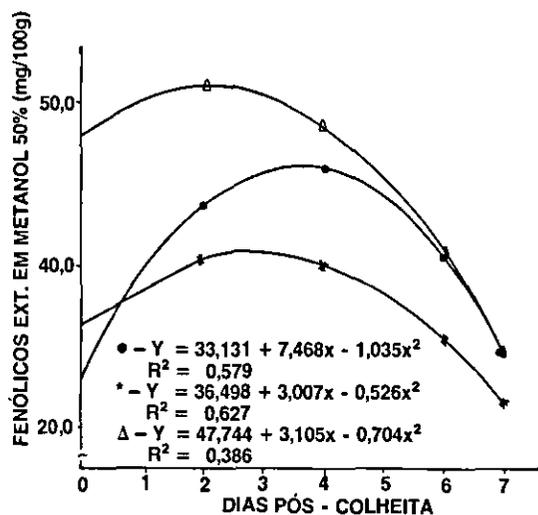


FIG. 4. Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em metanol 50% e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. ● - Sonora; * - Guaxupé; Δ- IAC 12829

Quanto às formas de fenólicos extraíveis em metanol, pode-se visualizar na Fig. 5 que a cultivar Sonora apresentou aumentos até o terceiro dia, seguidos por decréscimos - indicando que houve síntese -, e uma posterior hidroxilação destes monofenóis pela ação da enzima polifenoloxidase. Carvalho et al. (1985b), afirmam que os acréscimos nas frações de fenólicos extraíveis em metanol (fenólicos mais simples), indicam que além da condensação de fenólicos há também a síntese destes compostos com o aumento da DF.

As cultivares IAC 12829 e Guaxupé apresentaram curvas de regressão estatisticamente não-significativas para as formas de fenólicos extraíveis em água (poliméricos). A cultivar Sonora apresentou aumento até o segundo dia de armazenamento e posterior decréscimo. Este aumento, possivelmente decorre do fato de que as raízes sofreram algum tipo de injúria no momento da colheita. Como foi mencionado anteriormente, segundo os autores Rickard (1981, 1982) e Wheatley (1980), nas regiões que sofrem fermentos há um escurecimento do tecido com o acúmulo de taninos polimeri-

zados, derivados das leucoantocianidinas e catequinas. Os decréscimos observados podem ser causados pela ação da enzima peroxidase, que promove a oxidação de polímeros (como pode ser observado nas Fig. 6 e 7), que no segundo dia de armazenamento - onde ocorre maior nível de fenólicos poliméricos -, coincidem com o ponto de atividade mínima da peroxidase. Nota-se ainda, que os decréscimos acentuados nos teores de fenólicos poliméricos equivalem aos aumentos na atividade da enzima peroxidase. Carvalho et al. (1985b), verificaram que as formas de fenólicos poliméricos aumentaram com o aumento da DF nas regiões de meio e inserção das raízes, e verificaram que tanto os teores iniciais de fenólicos poliméricos quanto a velocidade de aumento dos mesmos foi maior na região de inserção.

Com relação à atividade da peroxidase, observa-se na Fig. 7 que a cultivar IAC 12829 apresentou maior atividade, seguida pela cultivar Sonora; e com menor atividade, a cultivar Guaxupé. A cultivar IAC 12829 apresentou-se no final do experimento com raízes totalmente escurecidas (DF), ressecadas e endure-

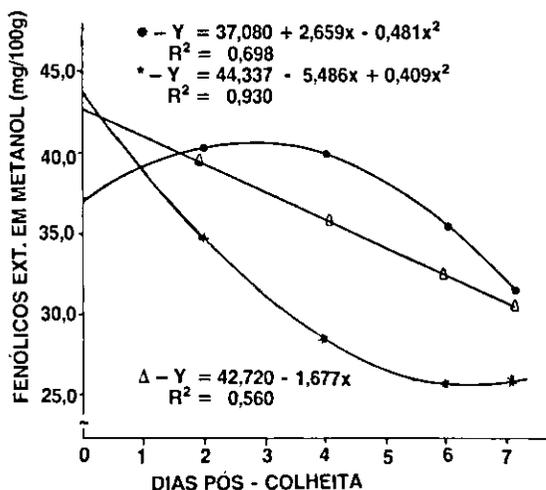


FIG. 5. Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em metanol e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG.
 ● - Sonora; * - Guaxupé; Δ - IAC 12829

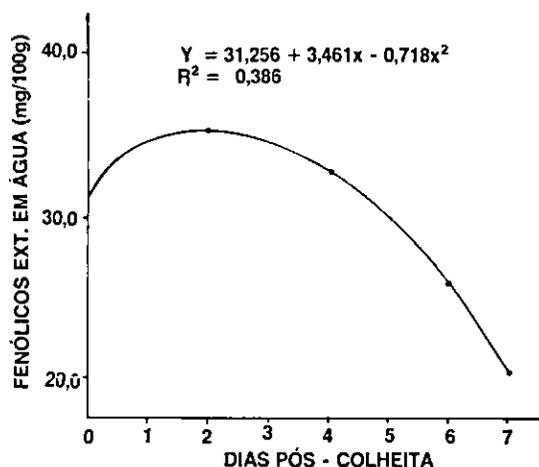


FIG. 6. Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em água e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG.
 ● - Sonora; * - Guaxupé; IAC 12829 - N.S.

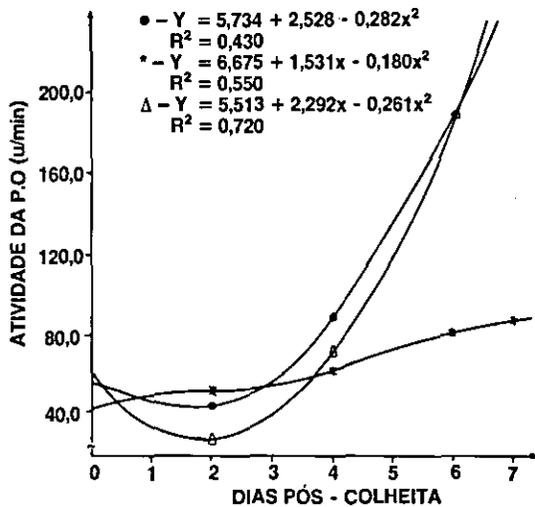


FIG. 7. Curvas de regressão entre atividade de peroxidase e dias pós colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987.

● - Sonora; * - Guaxupé; Δ IAC 12829.

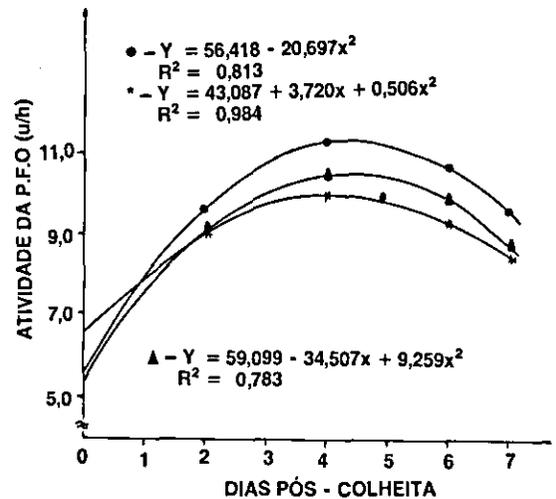


FIG. 8. Curvas de regressão entre atividade de polifenoloxidase e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987.

● - Sonora; * - Guaxupé; Δ IAC 12829.

cidas. Estes resultados podem ter decorrido da ação de enzimas peroxidases, visto que esta cultivar apresentou, no final do experimento, atividade de 325.00 unidades/minuto (Tabela 1). Marriot et al. (1978), observaram que aumentos em peroxidase associados com injúria podem indicar aumento na biossíntese de lignina. Podem também atuar como barreiras à infecção microbiana e promover um aumento na concentração de produtos de oxidação de fenólicos, alterando a concentração de auxinas, devido à presença de IAA-oxidase. E em combinação, estes três sistemas de enzimas, juntamente com numerosos componentes fenólicos presentes nos tecidos das plantas, providenciam resistência e recuperação da infecção ou estresse induzido pela injúria (a colheita das raízes de mandioca automaticamente envolve tal injúria, que é o mínimo necessário para separar a raiz do caule).

A cultivar Guaxupé apresentou menor grau de DF e uma atividade da peroxidase de 90.72 unidades/minuto no final do experimento (Tabela 1). Este menor escurecimento pode ser explicado pela baixa atividade da enzima pe-

roxidase nas raízes desta cultivar durante o armazenamento.

Segundo os autores Reigh et al. (1974), a peroxidase é uma enzima complexa, com uma cadeia de isoenzimas e com diferentes atividades para vários substratos; a escopoletina é prontamente oxidada pela peroxidase na presença de peróxido de hidrogênio e provoca o surgimento de produtos de oxidação que são os pigmentos.

Com respeito à atividade específica da peroxidase, pode-se observar na Fig. 9, as equações e curvas de regressão entre esta atividade e os dias de armazenamento, notando-se os aumentos com os dias de armazenamento, cabendo ressaltar que para a 'Guaxupé' - cultivar com menor grau de DF -, a velocidade de acréscimos foi muito inferior às das cultivares Sonora e IAC 12829, que apresentaram alto grau de DF. Houve aumento tanto na síntese quanto na ativação enzimática, como pode ser observado ao se comparar a atividade específica da peroxidase (Fig. 9) com a atividade proteolítica (Fig. 7).

TABELA 1. Valores médios referentes à atividade da polifenoloxidase, atividade específica da polifenoloxidase, atividade da peroxidase e atividade específica da peroxidase das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), em cinco períodos pós-colheita.

Constituintes	Cultivares	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Atividade da polifenoloxidase (uA/h)	Sonora	6,63 d	7,91 c	10,89 b	14,54 a	7,09 c
	Guaxupé	6,00 d	8,06 c	10,44 b	11,63 a	7,54 c
	IAC 12829	7,09 d	8,20 c	9,73 b	11,09 a	7,41 c
Atividade específica da polifenoloxidase (uA/mg/g de tecido/h)	Sonora	0,52 a	0,57 a	0,55 a	0,56 a	0,50 a
	Guaxupé	0,57 a	0,61 a	0,50 a	0,52 a	0,56 a
	IAC 12829	0,40 a	0,48 a	0,46 a	0,46 a	0,47 a
Atividade da peroxidase (uA/min)	Sonora	41,75 e	70,5 d	9,00 c	117,50 b	303,25 a
	Guaxupé	43,75 d	49,00 d	66,88 c	77,56 b	90,72 a
	IAC 12829	44,00 e	52,25	91,13 c	99,64 b	325,00 a
Atividade específica da peroxidase (uA/mg/g de tecido/min)	Sonora	3,24 e	5,00 b	4,17 d	4,48 c	21,27 a
	Guaxupé	3,54 c	3,67 b	3,09 d	3,72 b	6,89 a
	IAC 12829	2,93 d	3,11 c	3,97 b	3,93 b	20,13 a

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

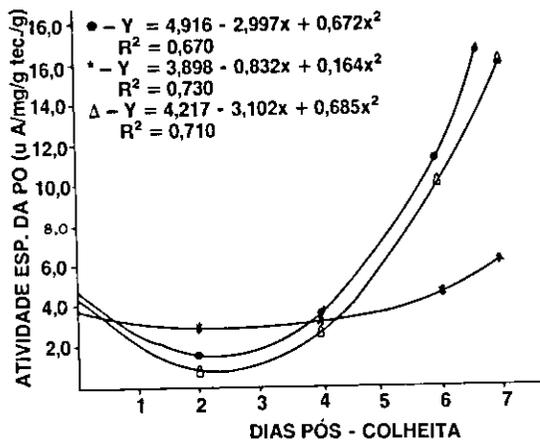


FIG. 9. Curvas de regressão entre atividade específica da PO e dias pós-colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras, MG. 1987.

● - Sonora; * - Guaxupé; Δ IAC 12829.

Quanto à atividade da polifenoloxidase, verifica-se na Fig. 8 que a cultivar Sonora apresentou maior atividade, seguida pela IAC 12829 e Guaxupé.

De acordo com os autores Padmaja et al. (1982), Rickard (1981) e Rickard et al. (1979) os fenóis, já presentes na injúria das raízes, podem ser oxidados para O-quinonas ou polímeros pela ação da polifenoloxidase, havendo estímulo à biossíntese de oxidação destes fenóis, e conseqüentemente, um aumento da atividade da polifenoloxidase. Pode-se observar através das Fig. 4, 5 e 8 que algum outro mecanismo além da atividade da polifenoloxidase está envolvido na hidroxilação de monofenóis, oxidação de difenóis e atividade da polifenoloxidase, visto que a cultivar Guaxupé apresentou maiores decréscimos em monofenóis que não correspondem a aumentos em difenóis, apresentou baixa atividade enzimática, e finalmente, menor escurecimento.

Wheatley (1982), afirma que a quinona é o produto da atividade da polifenoloxidase que

forma o pigmento marrom ou preto observado nas raízes após a injúria ou colheita. Os autores Muller & Beckman (1974), verificaram que as quinonas têm ação antimicrobiana e que os polímeros podem atuar como taninos, que formam complexos com proteínas e atuam como uma barreira física para a penetração de patógenos. A injúria estimula a oxidação, não somente pelo aumento da atividade da polifenoloxidase, mas também pela ruptura do compartimento que existe na célula separando o substrato da enzima.

Observa-se uma maior atividade da peroxidase do que da polifenoloxidase para as três variedades. Verifica-se nas Fig. 1, 7 e 8 que maiores atividades das enzimas peroxidase e polifenoloxidase correspondem a um maior grau de DF para as cultivares Sonora e IAC 12829, e o contrário para a cultivar Guaxupé.

Quanto à atividade específica da polifenoloxidase, as equações e curvas de regressão foram estatisticamente não-significativas, e os valores médios encontram-se na Tabela 1, onde observa-se que as alterações da atividade proteolítica da polifenoloxidase pode ser atribuída à síntese ou degradação das enzimas, e não à ativação das já existentes.

CONCLUSÕES

1. A cultivar Guaxupé apresentou-se com menor grau de escurecimento e as cultivares Sonora e IAC 12829 com maiores graus de escurecimento.

2. As raízes das cultivares Sonora e IAC 12829 (mais suscetíveis à DF) apresentaram maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase, altos teores de fenólicos, menores teores de umidade (mais resistentes à DF).

3. O período de armazenamento pós-colheita das raízes proporcionou:

a) aumentos no grau de DF e na atividade da enzima peroxidase para as três cultivares;

b) aumentos seguidos de decréscimos no final do período de armazenamento nas atividades de polifenoloxidase, nas formas de fenólicos extraíveis em metanol 50%, metanol e

água e fenólicos totais da cultivar IAC 12829.

c) decréscimos nos teores de fenólicos totais para a cultivar Guaxupé e extraíveis em metanol para as cultivares IAC 12829 e Guaxupé.

4. Tanto os valores de atividade quanto as alterações durante o armazenamento da enzima peroxidase foram superiores aos da enzima polifenoloxidase.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, EUA. **Official Methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists**. 2.ed. Washington, 1970. 1015p.
- BOOTH, R.H.; BUCLE, T.S.; CARDENAS, O.S.; GOMEZ, C.; HERVAS, E. Changes in quality of cassava roots during storage. *J. Food Technol.*, Oxford, 11(3):245-63, June 1976.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; CLEMENTE, E.; LEITE, I.P. Relação entre compostos fenólicos, atividades de peroxidase e polifenoloxidase e deterioração fisiológica em raízes de mandioca. *R. bras. Mandioca*, Cruz das Almas, 4(2):89-96, dez. 1985a.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; JUSTE JUNIOR, E.S.C. Métodos de armazenamento na conservação de raízes de mandioca. I. Efeito da embalagem de polietileno e secagem úmida associados a tratamentos químicos nas deteriorações pós-colheita e qualidade das raízes. *R. bras. Mandioca*, Cruz das Almas, 4(1):79-85, jun. 1985b.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; HUEI-WANG, S. Armazenamento pós-colheita de mandioca. I. Influência da composição química de raízes de cultivares de mandioca sobre a resistência à deterioração pós-colheita (fisiológica e microbiológica). *R. bras. Mandioca*, Cruz das Almas, 1(1):15-23, 1982a.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; HUEI-WANG, S. Armazenamento pós-colheita de mandioca. II. Efeito das alterações no grau de deterioração fisiológica e na composição físico-química de seis cultivares de mandioca. *R. bras. Mandioca*, Cruz das Almas, 1 (1):25-34, 1982b.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia. Manejo de la yuca después de la cosecha. **Yuca Bol. Inf.**, Cali, 8(2):1-15, nov. 1984.
- FAO PRODUCTION YEAR BOOK - 1984, Roma, FAO, 1985. v.38.
- FERHMANN, H. & DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytopora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**, Lancaster, 57:69-72, 1967.
- MARRIOT, J.; BEEN, B.O.; PERKINS, C. The aetiology vascular streaking in cassava roots after harvest: association with water loss from wounds. **Physiol. Plant**, Rockville, 44:38-42, 1978.
- MARRIOT, J.; PUMBLEY, R.A.; RICKARD, J.E. Physiological aspects of the storage of cassava and other tropical root crops. In: HURD, R.G. et al., eds. **Opportunities for increasing crop yields**. London, Pitman Publishing, 1980. p.363-65.
- MULLER, W.C. & BECKMAN, C.H. Ultrastructure of the phenol storing cells in the roots of banana. **Physiol. Plant Patol.**, 4:187-90, 1974.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C.; POTTU, V.P. Polifenoles y el deterioro fisiológico en yuca. **Yuca, Bol. Inf.**, Cali, (10):5, mar. 1982.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10ed. Piracicaba, USP, 1982. 430p.
- PONTING, J.D. & JOSLYN, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Arch. Biochem.**, New York, 19:47-63, 1948.
- PUMBLEY, R.A.; HUGHES, P.A.; MARRIOT, J. Studies on peroxidase and vascular discoloration in cassava root tissue. **J. Sci. Food Agric.**, London, 32(7):723-31, 1981.
- PROGNÓSTICO REGIÃO CENTRO-SUL 1980/81. 1981/82, 1982/83. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, v.7-9, 1980/82.
- REIGH, D.L.; WENDER, S.H.; SMITH, E.C. Phenolic inhibition of isoperoxidase A-3 catalysed scopoletin oxidation. **Tabacco Sci.**, 18:100-2, 1974.
- RICHARDSON, T. Enzymes. In: FENNEMA, O.R. **Principles of food science; food chemistry**. New York, Marcel Dekker, 1976. v.4, pt. 1, cap. 6, p.285-345.
- RICKARD, J.E. Biochemical changes involved in the post-harvest deterioration of cassava roots. **Tropical Sci.**, London, 23(3):235-7, 1981.
- RICKARD, J.E. **Investigation into post-harvest behavior of cassava roots and their response to wounding**. London, University of London, 1982. 161p. Tese Doutorado.
- RICKARD, J.E. Physiological deterioration of cassava roots. **J. Sci. Food Agric.**, London, 36(3):167-36, 1985.
- RICKARD, J.E.; MARRIOT, J.; GAHAN, P.B. Occlusions in cassava xilem vessels associated with vascular discoloration. **Ann. Bot.**, Colchester, 43(4):523-6, 1979.
- SIVAN, P. Post-harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fiji and storage of roots in moist sawdust. **Fiji Agric.**, Suva, 41(2):95-102, 1979.
- SWAIN, T. & HILLIS, W.C. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **J. Sci. Food Agric.** London, 10:63-8, jan. 1959.
- WHEATLEY, C. **Studies on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration**. London, University of London, 1982. 246p. Tese Doutorado.
- WHEATLEY, C. **Studies related with the nature post-harvest physiological deterioration in cassava roots**. Cali, CIAT, 1980. 18p. (Série, SE-16/80. Seminários internos).