

INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DE EMBALAGEM DE POLIETILENO NA DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA EM RAÍZES DE MANDIOCA¹

MARIA DO SOCORRO ANDRADE KATO², ÂNGELA DINIZ CAMPOS³, VÂNIA DÉA DE CARVALHO⁴

RESUMO - Raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) da cultivar Baiana foram embaladas em sacos de polietileno de 50 μ , 100 μ e 150 μ de espessura, e raízes sem embalagem (testemunha) foram armazenadas em condições ambientais. Aos zero, três, seis, e nove dias de armazenamento foram retiradas cinco raízes/tratamento/repetição, das quais foram feitas as avaliações. Concluiu-se que o tempo de armazenamento provocou diminuições nos teores de vitamina C total, ácido deidroascórbico e ácido ascórbico e aumento no grau de deterioração fisiológica, atividade peroxidase, e nos teores de fenólicos totais e de suas frações diméricas, oligoméricas e poliméricas (testemunha e embalagem 50 μ). A espessura do saco de polietileno influencia nas reações oxidativas, fato evidenciado por redução da atividade peroxidase, percentagem de ácido deidroascórbico e grau de deterioração fisiológico.

Termos para indexação: cultivar, armazenamento.

EFFECT OF POLYETHYLENE PACKAGE THICKNESS ON PHYSIOLOGICAL DETERIORATION IN CASSAVA ROOTS

ABSTRACT - Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cv. Baiana roots were packed in 50 μ , 100 μ and 150 μ thickness polyethylene bags and stored in room conditions. At zero, three, six and nine days during the storage period, evaluations were made in five roots of each treatment. It was concluded that during the storage period a decrease was observed in total C vitamin, ascorbic and dehydroascorbic acid contents, while physiological deterioration values, peroxidase activity, total phenolics and their dimeric, oligomeric and polymeric forms (control and 50 μ package) of phenolics, were increased. The increase in the thickness of the polyethylene bags caused reductions in peroxidase activity, dehydroascorbic acid % C vitamin ration and physiological deterioration.

Index terms: cultivar, storage.

INTRODUÇÃO

A alta perecibilidade das raízes de mandioca tem acarretado grandes perdas pós-colheita, limitando o período de comercialização das raízes e, conseqüentemente, proporcionando elevados prejuízos, o que vem onerar esta cultura.

As raízes de mandioca sofrem deterioração fisiológica (DF) e microbiológica (DM) após a colheita, sendo que a primeira é de natureza oxidativa. Esta deterioração tem sido estreitamente relacionada com as mudanças oxidativas das substâncias fenólicas e com as enzimas envolvidas na oxidação destes compostos (peroxidase e polifenoloxidase) (Carvalho et al. 1985b, Padmaja et al. 1982 e Plumbley et al. 1981).

Uma forte associação tem sido observada entre o início da DF e a ocorrência de várias formas de da-

nos mecânicos que sempre ocorrem na colheita manuseio das raízes. Assim, o tempo de armazenamento de raízes de mandioca pode ser aplicado, pela seleção de raízes morfológicamente mais resistentes ao dano mecânico e cuidados durante a colheita e transporte Booth (1976), Rickard (1985).

Segundo Marriott et al. (1980), as mudanças na atividade peroxidase ocorrem durante o desenvolvimento da descoloração vascular, sendo estas mudanças acompanhadas por um aumento na atividade da peroxidase total.

Carvalho et al. (1985b) observaram aumentos na percentagem de deterioração fisiológica, na atividade peroxidase e nos teores de fenólicos totais e suas frações nas raízes de mandioca. Os acréscimos nas frações fenólicas extraíveis em metanol indicam que além da condensação de fenólicos há também a síntese destes compostos com o aumento de deterioração fisiológica.

Vários autores têm comprovado a eficiência do acondicionamento das raízes em sacos de polietileno no controle de DF, verificando-se perdas de peso, concentração do oxigênio e aumento de gás carbônico dentro do saco, e, conseqüentemente, redução da atividade respiratória (Carvalho et al. 1985a, Rickard et al. 1981). Estudos realizados por Oudit (1976) têm demonstrado que raízes embaladas em

¹ Aceito para publicação em 27 de agosto de 1987.

² Enga. - Agra., EMBRAPA/UEPAE de Belém, Caixa Postal 130, CEP 66000 Belém, PA.

³ Enga. - Agra., estudante de pós-graduação da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

⁴ Enga. - Agra., D. Sc., EPAMIG, Caixa Postal 176, CEP 37200 Lavras, MG.

sacos de polietileno apresentaram excelentes condições por quatro semanas, sem o desenvolvimento de descoloração vascular ou decomposição.

O presente trabalho teve por objetivo determinar o efeito da espessura de embalagem de polietileno e do tempo de armazenamento no grau de deterioração fisiológica, na qualidade e composição química das raízes de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

Raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) da cultivar Baiana foram colhidas aos 18 meses após o plantio e embaladas em sacos de polietileno vedados, com 50 μ , 100 μ e 150 μ de espessura, e a testemunha sem embalagem.

Após a embalagem, as raízes foram colocadas em recipientes de plástico e armazenadas em condições ambientais. Aos zero, três, seis e nove dias de armazenamento, foram retiradas cinco raízes/tratamento/repetição, nas quais foram feitas as seguintes avaliações.

O grau de deterioração fisiológica (DF) foi determinado pela percentagem da secção transversal da raiz escurecida; a atividade peroxidase, de acordo com a técnica descrita por Flerhmann & Diamond (1967) e modificada por Silva & Nogueira (1984); e os compostos fenólicos e suas frações foram extraídos de acordo com as técnicas de Swain & Hillis (1959) e identificados pelo método de Folin Denis, descrito pela Association of Official Analytical Chemists (1979).

O teor de vitamina C total, ácido deidroascórbico e ácido ascórbico foi determinado pelo método Roe & Oesterling (1944), e a percentagem de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total foi obtida pela razão (ácido deidroascórbico/vitamina C total) X 100.

Foram feitas análises de correlação e regressão entre percentagem de deterioração fisiológica e os teores de fenólicos, atividade enzimática, vitamina C total, ácido deidroascórbico, ácido ascórbico e percentagem de ácido deidroascórbico em relação ao conteúdo de vitamina C total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de DMS e coeficientes de variação dos parâmetros analisados. Verificou-se que a embalagem só não influenciou significativamente nos fenólicos poliméricos, vitamina C total e ácido ascórbico. O tempo de armazenamento, por outro lado, não influenciou nos teores de fenólicos diméricos, poliméricos e totais.

Na Tabela 2 e Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 encontram-se os resultados obtidos nas análises, e verificou-se haver uma correlação significativa entre deterioração fisiológica (DF) e a maioria dos parâmetros avaliados.

Aos seis dias de armazenamento, o grau de DF aumentou significativamente na testemunha e na

embalagem de 50 μ de espessura, alcançando uma percentagem de deterioração acima de 50%. Foi observada infecção de fungos nestes tratamentos, o que pode ter acelerado a deterioração (Tabela 2).

Sacos de polietileno mais espessos (100 μ e 150 μ) proporcionam menor grau de DF com o tempo de armazenamento, exercendo, deste modo, controle sobre esta deterioração. Este controle pode ser atribuído a menor concentração de O₂ no interior das embalagens mais espessas, e, conseqüentemente, inibição ou eliminação das reações oxidativas, resultando em menor DF (Booth 1976 e Marriott et al. 1980).

As raízes de todos os tratamentos apresentaram ligeiro sintoma de deterioração fisiológica no terceiro dia de armazenamento. A podridão microbiana iniciou no sexto dia, desenvolveu-se gradualmente, e como resultado apresentou uma decomposição no nono dia de armazenamento, principalmente no tratamento-testemunha e embalagem 50 μ . Carvalho et al. (1985a) observaram que raízes embaladas em saco de polietileno apresentaram boa aparência e conservação durante 27 dias de armazenamento. Vale ressaltar que a cultivar Baiana utilizada neste experimento é altamente susceptível à deterioração, acreditando-se que seja um dos fatores negativos ao reduzido tempo de armazenamento alcançado pelas raízes em estudo.

A atividade peroxidase foi aumentada com o tempo de armazenamento, e à medida que se aumenta a espessura da embalagem há redução desta atividade (Tabela 2). Verificou-se que as raízes não embaladas apresentaram, aos nove dias de armazenamento, redução da atividade, em decorrência, talvez, da inibição da atividade enzimática pelos altos teores de produtos resultantes (quinonas). Uritani et al. (1984) verificaram que durante o armazenamento de raízes de mandioca a atividade peroxidase foi aumentada nos tecidos parenquimatosos em paralelo com a ocorrência da DF.

As correlações entre DF e atividade peroxidase foram significativas. As curvas de regressão são apresentadas na Fig. 1. Observou-se que as raízes não embaladas apresentaram maiores atividades e maior velocidade de aumento que as raízes embaladas, e à medida que se aumenta a espessura de embalagem há diminuição desta velocidade. Plumbley et al. (1981) e Rickard & Gahan (1983) também observaram aumento da atividade peroxidase, e verificaram que a DF e a formação de pigmentos é devida à

TABELA 1. Valores de DMS e CV% dos parâmetros analisados.

Fonte de variação	DMS			CV	
	1	2	3	1	2
Deterioração fisiológica	15,40*	11,27**	22,54*	21,02	25,63
Peroxidase	20,33*	10,90**	21,81**	41,79	25,60
Fenólicos totais	20,91**	ns	43,14*	16,95	19,97
Fenólicos diméricos	11,10*	ns	ns	25,19	27,13
Fenólicos oligoméricos	11,03**	9,33**	18,66*	24,26	23,44
Fenólicos poliméricos	ns	ns	ns	30,27	28,97
Vitamina C total	ns	3,85*	7,69*	12,20	12,54
Ácido deidroascórbico	3,28**	2,52**	5,03**	16,00	14,03
Ácido ascórbico	ns	3,40**	6,80**	21,47	26,63
Porcentagem ácido deidroascórbico	7,62**	8,19**	16,36*	11,93	14,87

1 = embalagem

2 = tempo de armazenamento

3 = interação entre embalagem x tempo

ns = não-significativo

* = significativo ao nível de 5%

** = significativo ao nível de 1%

enzima peroxidase que é produzida nos tecidos em resposta ao estresse generalizado pelo dano mecânico.

O menor aumento de atividade peroxidase nas maiores espessuras de polietileno pode ser atribuída a menores concentrações de oxigênio e maiores de CO₂ no interior destas embalagens, impedindo as reações oxidativas.

O aumento na espessura da embalagem apresentou decréscimo nos teores de fenólicos totais e de suas frações di, oli e poliméricas (Tabela 2). O tempo de armazenamento provocou na testemunha e embalagem 50 μ , aumento nos teores de fenólicos totais e nas suas três frações até o nono dia de armazenamento. Isto pode ser devido ao elevado grau de DF no início do armazenamento. Balagopalan & Padmaja (1984), estudando seis cultivares de mandioca, verificaram um decréscimo nos fenólicos totais durante o segundo e terceiro dia de armazenamento, havendo, posteriormente, um aumento durante o quarto dia, devido à ocorrência de DF. Neste ensaio foi observado decréscimo nos fenólicos no terceiro dia, porém espessuras maiores retardaram este decréscimo para o sexto dia de armazenamento.

As formas poliméricas não apresentaram efeito significativo nem para embalagem nem para o tempo de armazenamento (Tabela 2). Também não apresentaram correlação significativa com o grau de DF.

Correlação significativa foi detectada entre DF e

os teores de fenólicos totais para as embalagens 50 μ , 100 μ e 150 μ , suas frações diméricas (embalagens 100 μ e 150 μ) e oligoméricas (embalagem 50 μ) (Fig. 2 e 3), indicando haver condensação das frações mais simples (oligoméricas) e síntese das frações diméricas. Estes resultados concordam com os de Carvalho et al. (1985b) e Rickard (1981), os quais verificaram que acréscimos nas frações de fenólicos extraíveis em metanol indicaram condensação e síntese destes compostos com o aumento da DF.

Raízes embaladas em 50 μ de espessura apresentaram correlação significativa entre DF e teores de fenólicos totais e sua fração oligomérica. Verificou-se, após 30% - 40% de DF, aumento acentuado nos teores destes fenólicos, devido principalmente ao intenso grau de deterioração microbiana alcançada pelas raízes, o que provocou danos nos tecidos e mudanças nos teores de fenólicos em respostas a esses danos.

Houve decréscimo da vitamina C total e teor de ácido deidroascórbico com o tempo de armazenamento em todas as espessuras de embalagens. Raízes embaladas em maiores espessuras (100 μ e 150 μ) apresentaram maiores decréscimos ao nono dia do que as raízes embaladas em menores espessuras e as não embaladas (Tabela 3). Czyhrinciw & Jaffé (1951) observaram um decréscimo marcante no teor de vitamina C durante o armazenamento, chegando a detectar uma perda em torno de 50% em duas sema-

TABELA 2. Valores médios de deterioração fisiológica, atividade peroxidase e teores das frações monoméricas, dioligoméricas, poliméricas e fenólicos totais de raízes de mandioca, cv. Baiana, em quatro épocas durante armazenamento. Lavras, MG, 1986.

Espessura da embalagem (μ)	Dias de armazenamento			
	0	3	7	9
Deterioração fisiológica (DF)				
Testemunha	0	36,02	58,51	90,72
50	0	18,83	67,31	82,25
100	0	12,15	48,02	77,98
150	0	12,43	24,01	69,79
Atividade Peroxidase (unidades/ml/minuto)				
Testemunha	17,75	54,50	122,00	38,50
50	17,75	53,75	56,50	59,50
100	17,75	45,00	42,25	36,75
150	17,75	40,87	39,50	50,00
Fenólicos totais (mg/100 g)				
Testemunha	115,50	100,69	146,41	136,68
50	115,50	96,25	119,35	151,11
100	115,50	106,84	87,59	96,25
150	115,50	104,91	81,81	86,63
Fenólicos diméricos (mg/100 g)				
Testemunha	45,23	39,46	66,65	44,28
50	45,23	33,68	42,35	53,90
100	45,23	38,34	34,65	26,95
150	45,23	29,84	33,69	23,10
Fenólicos oligoméricos (mg/100 g)				
Testemunha	41,39	41,39	58,71	54,11
50	41,39	35,58	40,42	60,64
100	41,39	37,53	27,91	36,58
150	41,39	36,58	25,02	37,55
Fenólicos poliméricos (mg/100 g)				
Testemunha	28,88	29,84	30,80	37,54
50	28,88	26,95	36,58	36,58
100	28,88	30,81	25,02	32,75
150	28,88	37,75	23,10	25,99

nas de armazenamento. Observa-se, nas Fig. 4 e 5, um decréscimo da vitamina C total e do teor de ácido deidroascórbico com a elevação do grau de deterioração fisiológica, sendo que as perdas foram maiores em espessuras maiores.

O teor de vitamina C total observado foi em torno de 31,7 mg/100 g. Oke (1975) tem registrado teores entre 30 a 42,8 mg/100 g.

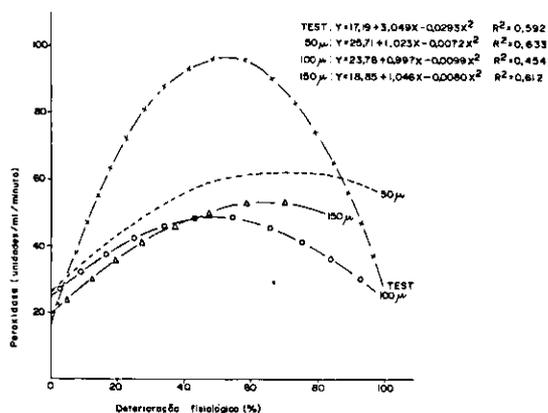


FIG. 1. Curvas de regressão entre grau de DF e atividade peroxidase de raízes de mandioca embaladas em filmes de polietileno de diferentes espessuras.

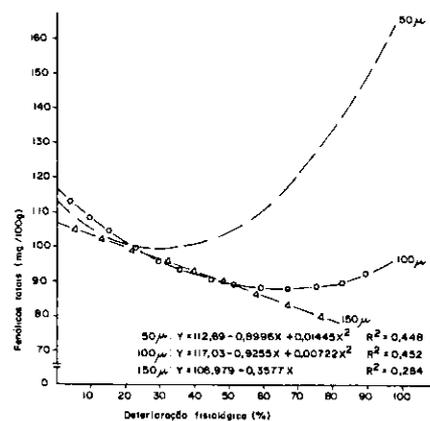


FIG. 2. Relação entre grau de DF e teores de fenólicos totais de raízes de mandioca embaladas em filmes de polietileno de diferentes espessuras.

Quanto ao teor de ácido ascórbico, verificou-se não haver diferenças significativas entre espessuras de embalagem (Tabela 3). Observou-se, no entanto, um decréscimo acentuado nos teores de ácido ascórbico no terceiro dia de armazenamento, seguido de um acréscimo até o nono dia, exceto para as raízes embaladas em espessuras de 50 μ , em que este decréscimo foi até ao sexto dia de armazenamento. Houve correlação significativa entre os teores de ácido ascórbico, raízes embaladas em sacos de 50 μ de espessura, e o grau de DF (Fig. 5). Até 50% de DF, observou-se uma diminuição nos teores de ácido ascórbico.

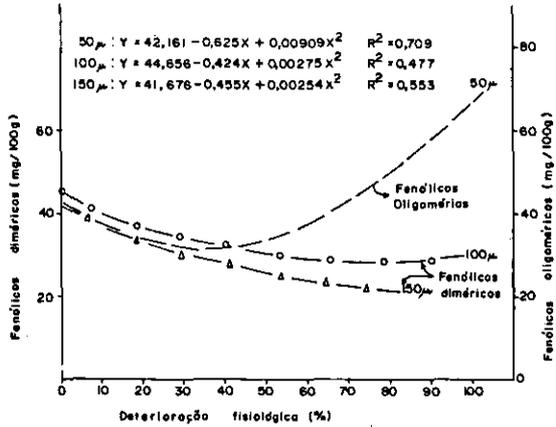


FIG. 3. Relação entre grau de DF e teores de fenólicos diméricos e oligoméricos de raízes de mandioca embaladas em filme de polietileno.

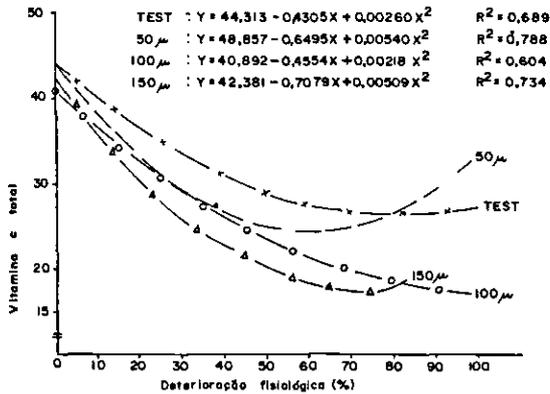


FIG. 4. Relação entre grau de DF e teores de vitamina C total de raízes de mandioca embaladas em filme de polietileno de diferentes espessuras.

A Tabela 2 mostra que quando se aumenta a espessura da embalagem há uma diminuição na percentagem de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total, indicando que a embalagem proporcionou menor oxidação do ácido ascórbico. A atmosfera nas embalagens de maior espessura, ou seja,

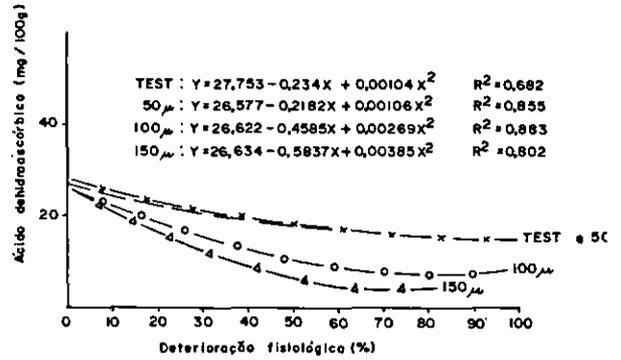


FIG. 5. Relação entre grau de DF e teores de ácido deidroascórbico de raízes de mandioca embaladas em filme de polietileno de diferentes espessuras.

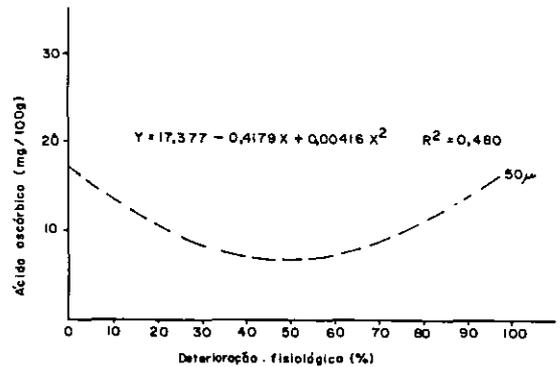


FIG. 6. Relação entre grau de DF e teores de ácido ascórbico de raízes de mandioca embaladas em filme de polietileno de diferentes espessuras.

menor concentração de O_2 , deve ter diminuído a oxidação de ácido ascórbico a deidroascórbico, do mesmo modo que agiu diminuindo a DF e a atividade peroxidase. Houve regressão negativa significativa entre valores de percentagem de ácido deidroascórbico e DF para embalagens de 100 μ e 150 μ , indicando que nas embalagens mais espessas as percentagens de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total decresceram com o aumento de DF.

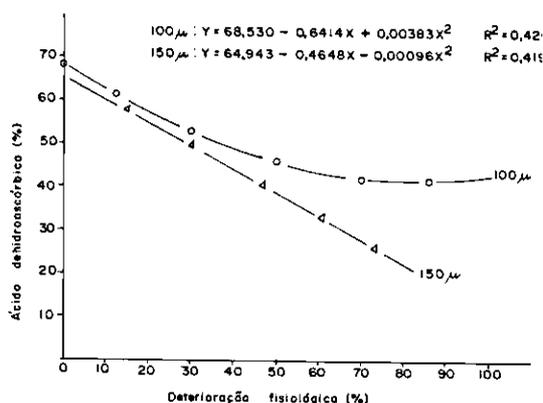


FIG. 7. Relação entre grau de DF e porcentagem de ácido deidroascórbico de raízes de mandioca embaladas em filme de polietileno de diferentes espessuras.

TABELA 3. Valores médios de vitamina C total, ácido deidroascórbico, ácido ascórbico e percentagem de ácido deidroascórbico em relação com a vitamina C total de raízes de mandioca, cv. Baiana, em quatro épocas durante armazenamento. Lavras, MG, 1986.

Espessura de embalagem (μ)	Dias de armazenamento			
	0	3	6	9
Vitamina C total (mg/100 g)				
Testemunha	46,88	28,00	30,88	26,88
50	46,88	30,00	26,50	28,88
100	46,88	27,88	29,38	16,50
150	46,88	27,62	28,62	19,88
Ácido deidroascórbico (mg/100 g)				
Testemunha	27,13	22,38	18,50	13,62
50	27,13	21,62	18,75	14,50
100	27,13	21,88	12,12	6,62
150	27,13	22,87	10,50	4,88
Ácido ascórbico (mg/100 g)				
Testemunha	19,75	5,62	12,38	13,25
50	19,75	8,88	7,75	14,38
100	19,75	6,00	17,25	9,88
150	19,75	4,75	18,12	14,00
Percentagem de ácido deidroascórbico				
Testemunha	57,95	79,62	62,11	49,39
50	57,95	71,91	71,05	50,68
100	57,95	78,90	41,44	42,15
150	57,95	82,92	36,77	25,75

Pesq. agropec. bras., Brasília, 23(8):803-809, ago. 1988.

CONCLUSOES

1. O tempo de armazenamento provocou diminuições nos teores de vitamina C total, ácido deidroascórbico e ácido ascórbico (até o terceiro dia de armazenamento) e aumento no grau de DF, atividade peroxidase, nos teores de fenólicos totais e de suas frações diméricas, oligoméricas e poliméricas (testemunha e embalagem 50 μ).

2. O aumento na espessura da embalagem diminuiu o grau de DF, atividade da peroxidase (nas embalagens de 100 μ e 150 μ), teores de fenólicos totais e de suas frações di, oli e poliméricas, vitamina C total, ácido deidroascórbico e na percentagem de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total.

3. A espessura do saco de polietileno influi nas reações oxidativas, fato evidenciado por redução da atividade peroxidase, percentagem de ácido deidroascórbico em relação à vitamina C total e grau de deterioração fisiológica.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington, EUA. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11.ed. Washington, 1979. 1015p.
- BALAGOPALAN, C. & PADMAJJA, G. Storage of tuber crops. **Indian Farming**, New Delhi, **33**(12):51-3, 71., Mar. 1984.
- BOOTH, R.H. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). 1. Post-harvest, deterioration and its control. **Expl. Agric.**, Cambridge, **12**(2):103-11, 1976.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; CLEMENTE, E.; LEITE, I.P. Relação entre compostos fenólicos, atividade de peroxidase e polifenoloxidase e deterioração fisiológica em raízes de mandioca. **R. bras. mand.**, Cruz das Almas, **4**(2):89-96, dez. 1985b.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Métodos de armazenamento na conservação de raízes de mandioca. 1. Efeito da embalagem de polietileno e scrragem úmida associada a tratamentos químicos nas deteriorações pós-colheita e qualidade das raízes. **R. bras. Mand.**, Cruz das Almas, **4**(1):79-85, 1985a.
- CZYHRINCIW, N. & JAFFÉ, W. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tubérculos. **Arch. Venez. Nutr.**, Guatemala, **2**(1):49-67, 1951.
- FLERHMANN, H. & DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytopora resistance in different organs of the potato plant. **Phytopathology**. Lancastes, **57**(1):69-72, 1967.

- MARRIOTT, J.; PLUMBLEY, 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, 1980. p.363-75.
- OKE, O.L. The root of cassava in the nutrition of Nigerian population. **J. Root Crops**, 1(1):1-18, 1975.
- ODUIT, D.D. Polyethylene bags keep cassava tubers for several weeks at ambient temperature. **J. Agric. Soc.**, Trin., Tobago, 76:63-6, 1976.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C.; POTTY, V.P. Polifenolis y el deterioro fisiológico em yuca. **Yuca; Bull. inform.**, Cali, (10):5, mar. 1982.
- PLUMBLEY, R.A.; HUGHES, P.A.; MARRIOTT, J. Studies on peroxidases and vascular discoloration in cassava root tissue. **J. Sci. Food Agric.**, London, 32(7):723-31, 1981.
- RICKARD, J.E. Biochemical changes involved in the post-harvest deterioration of cassava roots. **Trop. Sci.**, 23(3):235-7, 1981.
- RICKARD, J.E. Physiological deterioration of cassava roots. **J. Sci. Food Agric.**, Oxford, 36:167-76, 1985.
- RICKARD, J.E. & COURSEY, D.G. Cassava storage. 1. Storage of fresh cassava roots. **Trop. Sci.**, London, 23(1):1-32, 1981.
- RICKARD, J.E. & GAHAN, P.B. The development of occlusions in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root xylem vessels. **Ann. Bot.**, Colchester 52:811-21, Dec. 1983.
- ROE, J.H. & OESTERLING, M.J. The determination of dehydroascorbic acid and ascorbic acid in plant tissues by the 2,4 dini - trophenylhydrazine method. **J. Biol. Chem.**, 152:511-7, 1944.
- SILVA, E. & NOGUEIRA, J.N. Estudo da atividade polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças. **O Solo**, Piracicaba, 76(1):43-51, 1984.
- SWAIN, T. & HILLIS, W.E. The phenolic constituents of prunus domestico. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. **J. Sci. Food Agric.**, London, 10(1).63-68, 1959.
- UBITANI, L.; DATA, E.S.; VILLEGAS, R.J.; FLORES, P. Changes in secondary metabolism in cassava roots in relation to physiological deterioration, In: URITANI, L. & REYES, E.D. **Tropical root crops; post-harvest physiology and processing**. Tokyo, Japan Scientific Societies Press, 1984. p.109-18.