

ÂNGELA DINIZ CAMPOS

MODIFICAÇÕES APÓS COLHEITA NO GRAU DE DETERIO-  
RAÇÃO FISIOLÓGICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS RAÍ-  
ZES DE 3 Cvs DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ ).

Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Mestrado em  
Ciência dos Alimentos, para obtenção do  
grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1987



MODIFICAÇÕES NO GRAU DE DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA E COMPOSIÇÃO  
QUÍMICA DAS RAÍZES DE 3 Cvs DE MANDIOCA (Manihot esculenta Crantz)  
DURANTE O PERÍODO PÓS COLHEITA

APROVADA: 11/12/87

*Vânia Dêa de Carvalho.*

Pesq. Dra. Vania Déa de Carvalho  
Orientador

*Evódio Ribeiro Vilela*

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela

*José Eduardo Brasil Pereira Pinto*

Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

Aos meus pais,  
pelo apoio, carinho e incentivo.  
A meu filho Rodrigo,  
pelo estímulo.  
Aos meus irmãos,  
como homenagem.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos - DCA.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pela possibilidade de realização deste trabalho dentro de sua programação de pesquisa - PEP - Mandioca.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão-FAEPE, pelo apoio na publicação desse trabalho.

Em especial a pesquisadora Dra. Vania Déa de Carvalho, pela orientação, ensinamentos e amizade.

Aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos pela ajuda prestada em diversas ocasiões.

Ao professor Gilnei de Souza Duarte, ao pesquisador José Francisco Faria e ao Centro de Processamento de Dados da ESAL, pela orientação e realização das análises estatísticas.

Aos demais professores desta Escola que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos colegas Carlos Reys Vukomonoviki, Jefferson Carlos Dias, Laerte Costa e Maria do Socorro A. Kato pelo apoio e convívio.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESAL, na pessoa de seu chefe Dorval Botelho Santos.

Aos bibliotecários Maria Helena de Castro e Antônio Máximo de Carvalho no tocante às referências bibliográficas.

As secretárias Maristela Carvalho da S. Malves e Gicelda Aparecida de Souza pelos inúmeros préstimos no decorrer do curso.

Ao meu irmão Arquimedes pela ajuda na montagem do experimento.

Aos laboratoristas Constantina Maria Braga Torres, Eliane Botelho, Ismael Alves, Meire Lourdes Silva, Samuel Rosa de Brito, Sandra Mara Lacerda, Wilma Teixeira A. Valarelli pela amizade e colaboração na execução das análises.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

ÂNGELA DINIZ CAMPOS, filha de Joaquim Sebastião de Campos e Neide Diniz Vilela de Campos, nasceu no município de Itumirim, Estado de Minas Gerais, aos 23 dias do mês de julho de 1959.

Em agosto de 1979 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Escola Superior de Agricultura de Lavras - MG, concluindo o em dezembro de 1983.

Em fevereiro de 1984 iniciou o curso de pós graduação a nível de Mestrado em Ciência dos Alimentos na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

## LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1 - Valores médios dos teores de fenólicos totais, extraíveis em metanol, metanol 50% e água das raízes de 3 cultivares de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> Crantz), em 5 períodos pós colheita.	32
QUADRO 2 - Valores médios referentes a atividade da polifenoloxidase, atividade específica da polifenoloxidase, atividade da peroxidase e atividade específica da peroxidase das raízes de 3 cultivares de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> Crantz), em 5 períodos pós colheita .....	38
QUADRO 3 - Valores médios de grau de deterioração fisiológica, umidade, fibra e proteína do extrato enzimático das raízes de 3 cultivares de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> Crantz) em 5 períodos pós colheita .....	43
QUADRO 4 - Valores médios dos teores de amido e açúcares das raízes de 3 cultivares de mandioca( <u>Manihot esculenta</u> Crantz), em 5 períodos pós colheita.	46



QUADRO 5 - Valores médios de ácido dehidroascórbico, ácido ascórbico, % de ácido ascórbico e vitamina C total das raízes de 3 cultivares de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> Crantz), em 5 períodos pós colheita .....	52
---	----

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Curvas de regressão entre porcentagens de deterioração fisiológica e dias pós colheita das raízes de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; * - Guaxupé; Δ - IAC 12829 .....	30
FIGURA 2 - Curvas de regressão entre porcentagens de umidade e dias pós colheita das raízes de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> , Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. * - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..	30
FIGURA 3 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos totais e dias pós colheita das raízes de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> , Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; * - Guaxupé; Δ - IAC 12829 .....	33
FIGURA 4 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em metanol 50% e dias pós colheita das raízes de mandioca ( <u>Manihot esculenta</u> , Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; * - Guaxupé; Δ - IAC 12829 .....	33

- FIGURA 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. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..... 35
- FIGURA 6 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em água e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) • - Sonora ..... 35
- FIGURA 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 ..... 39
- FIGURA 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 ..... 39
- FIGURA 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 ..... 44

- FIGURA 10 - Curvas de regressão entre teores de proteína do extrato enzimico e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..... 44
- FIGURA 11 - Curvas de regressão entre teores de amido e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; Δ - IAC 12829 ..... 47
- FIGURA 12 - Curvas de regressão entre teores de açúcares redutores e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..... 47
- FIGURA 13 - Curvas de regressão entre teores de açúcares não redutores e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..... 48
- FIGURA 14 - Curvas de regressão entre teores de açúcares totais e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829 ..... 48

- FIGURA 15 - Curvas de regressão entre porcentagem de áci  
do ascórbico e dias pós colheita das raízes  
de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL  
Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \*-Guaxupé; Δ -  
IAC 12829 ..... 50
- FIGURA 16 - Curvas de regressão entre teores de vitamina  
C total e dias pós colheita das raízes de  
mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL,  
Lavras-MG. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC  
12829 ..... 50
- FIGURA 17 - Curvas de regressão entre teores de ácido de  
hidroascórbico e dias pós colheita das raí -  
zes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz).  
ESAL, Lavras-MG. 1987. \* - Guaxupé; Δ - IAC  
12829 ..... 53
- FIGURA 18 - Curvas de regressão entre teores de ácido as  
córbico e dias pós colheita das raízes de  
mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL,  
Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé;  
Δ - IAC 12829 ..... 53

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Deteriorações pós colheita .....	5
2.2. Compostos fenólicos e atividade enzimática .....	8
2.3. Efeito do etileno e da respiração na deterioração.	15
2.4. Amido e açúcares .....	17
2.5. Ácido ascórbico .....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3.1. Análises .....	23
3.1.1. Físicos .....	24
3.1.2. Químicos .....	24
3.1.3. Análise estatística .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
5. CONCLUSÕES .....	56
6. RESUMO .....	58
7. SUMMARY .....	60
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
APÊNDICE .....	75

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (Manihot esculenta, Crantz) é uma das plantas mais cultivadas no mundo, sendo que a América e a África ocupam o primeiro lugar em produção de raízes, SANCHEZ (62). Seu cultivo tem papel importante para a população de baixa renda dos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

Nas áreas mais pobres e secas do mundo a mandioca é uma excelente reserva contra a fome e uma das fontes mais econômicas de calorias alimentícias, CIAT (13). No Brasil o produto de maior utilização obtido da mandioca é a farinha de mesa, considerada componente essencial na dieta da população de baixa renda em algumas regiões, destacando-se o Nordeste.

Tendo em vista a importância da mandioca para o trópico, tem-se obtido variedades de maior rendimento e desenvolvido soluções de baixos custos e tecnologias apropriadas para melhorar sua produção. Por outro lado a transferência desta tecnologia tem tropeçado em obstáculos por parte dos agricultores, que não estão dispostos a aumentar sua produção em regiões onde o único mercado é o do produto fresco, por não poderem vendê-la totalmente; os

preços são tão irrisórios que não cobrem os custos, CIAT (13,14).

A demanda de mandioca fresca, e conseqüentemente sua produção poderiam aumentar desde que se reduzisse a diferença entre o preço pago ao produtor e o preço a nível de consumidor que se trata de uma diferença grande de 87%; isto porque o alto risco de deterioração das raízes, fazem 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 (13, 14, 61).

A deterioração fisiológica primária, que se manifesta com estrias azuis negras ao redor da periferia da casca é o primeiro sintoma que conduz a perda de qualidade das raízes. Posteriormente ocorre uma deterioração secundária causada por patógenos invasores, BOOTH (5).

A deterioração fisiológica é provocada por uma reação química que necessita de oxigênio para se processar. De acordo com trabalhos realizados observou-se que a oxidação dos compostos fenólicos tem um papel importante no fenômeno da deterioração vascular azul. Por conseguinte os estudos indicam que a polifenolxidase pode ser uma enzima chave associada com a deterioração vascular azul nas raízes de mandioca. Os polifenóis são oxidados à quinonas altamente reativas, como resultado da ação de enzimas, estas quinonas formam complexos coloridos com aminoácidos e outras micromoléculas das células, os quais ao depositar nos vasos vasculares produzem o fenômeno da deterioração azul, (4, 44, 55, 56, 57, 58).



Torna-se evidente através do exposto acima a importância da maior conservação de raízes de mandioca visando estimular aumentos de produção e consumo "in natura" e sabendo-se que as cultivares apresentam grau diferente de resistência a deterioração fisiológica, o que permite classificá-las como susceptíveis ou resistente às deteriorações, (8, 9, 12, 24, 73, 81, 82, 83) e que à intensidade destas se acha relacionada a composição química das raízes o que justifica-se a realização de trabalhos com os objetivos de:

a) Determinar o efeito do período de armazenamento no grau de deterioração fisiológica e na composição química das raízes de três cultivares de mandioca.

b) Determinar a influência varietal nas modificações ocorridas no grau de deterioração fisiológica e nos constituintes químicos das raízes de mandioca durante o período de armazenamento pós colheita.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

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, seja devido a aparência ruim ou a péssima qualidade de cocção. Esta 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, (11, 12, 15, 52, 56, 60, 68, 83). De acordo com MARRIOTT et alii (35) a descoloração aumenta paralelamente à perda de peso, e é quase completamente suprimida em alta umidade relativa.

HIROSE (22) observou dois tipos de deterioração fisiológica uma circulada de uma coloração amarronzada e outra marrom azulada ocorrendo entre a parte externa e a parte interna dos tecidos parenquimatosos e a deterioração microbiológica, na qual os tecidos apresentavam-se amolecidos e descoloridos, devido a infecção por muitas espécies de fungos e bactérias.

Um dos fatores limitantes do aumento do consumo da mandioca, tanto "in natura" como de seus produtos é que, as raízes devem ser colhidas e comercializadas em cerca de 24 horas, sendo este um problema enfrentado por feirantes e industriais da mandioca, que é agravado quando está envolvido transporte interestadual ou intermunicipal, traduzindo-se eventualmente em perdas totais, (1, 5, 6, 12).

### 2.1. Deteriorações pós colheita

Raízes de mandioca colhidas e expostas às condições ambientais apresentam, em pouco tempo, primeiramente junto à casca, um início de decomposição progressiva, facilmente perceptível por mudanças de coloração. A cor branca inicial do cilindro central altera-se para tons azulados, cinzas, marrons, ocorrendo também um amolecimento (deterioração microbiana) que no final da decomposição, destrói as raízes. Estas mudanças de coloração ocorrem nos vasos condutores, dando origem ao chamado estriamento vascular, típico da decomposição, e ao mesmo tempo ocorre um aumento da acidez da polpa, que contribui para sua inutilização, (1, 31, 32, 52, 55, 60).

Trabalhos realizados demonstraram haver dois tipos de deterioração, 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 e que se iniciam 5 a 7 dias depois da colheita (6, 9, 54, 56, 57, 60, 63).

Para INGRAN & HUMPHRIES (27) o surgimento da deterioração resulta da combinação de fatores fisiológicos e patológicos, manifestando-se pela degeneração dos tecidos e está associada ao aparecimento de estrias escuras.

URITANI et alii (72) observaram haver dois tipos de estriamento vascular, os quais podem ser observados no microscópio. Quando as raízes foram inoculadas com fungo, foi observado o aparecimento do estriamento vascular tipo II nos vasos do xilema com descoloração marrom indicando que a deterioração microbiana pode ocorrer sem o aparecimento da deterioração fisiológica. O que está de acordo com o trabalho de TANIGUCHI & DATA (68) que observaram que o estriamento vascular não é característica apenas de deterioração vascular, pois ao inocularem raízes saudáveis com fungo, constataram o aparecimento do estriamento vascular e de depósitos de material marrom. Já NOON & BOOTH (40) evidenciaram que a deterioração microbiológica raramente é encontrada em raízes que não apresentam evidência de deterioração fisiológica e também observaram que os microorganismos não causam o desenvolvimento da deterioração fisiológica.

Já MARRIOTT et alii (34) sugerem que o desenvolvimento da descoloração vascular, inicialmente está associado com "stress" induzido pela perda d'água das feridas e observaram um desenvolvimento mais rápido desta deterioração em baixa umidade do que em alta. Esta incidência de deterioração através das feridas foi retardada pela cura das raízes a altas temperaturas e UR de 80 - 90%

que induzem a formação de um meristema na ferida.

A velocidade da deterioração é função de diversos fatores, entre os quais estão: características próprias da variedade, danificações ou feridas ocorridas durante a colheita, condições do ambiente de armazenamento, ou ainda tratamentos sofridos pelas raízes. Entre as características varietais que afetam a deterioração encontram-se, caracteres genéticos que as tornam mais ou menos resistentes, presença ou não de pedúnculos, aderência da película suberosa, tamanho e forma das raízes, etc. Quanto as danificações mecânicas, cumpre ressaltar que a deterioração geralmente se inicia numa ferida. Além disso a presença da película suberosa previne por certo tempo, a decomposição, principalmente em função do ambiente de conservação (1, 3, 6, 12, 13, 14, 15, 37, 77).

MONTALDO (37) estudando 65 variedades, constatou que duas não mostravam deterioração aos 7 dias após a colheita, 11 mostraram deterioração mínima, 45 apresentaram susceptibilidade intermediária e 7 foram muito susceptíveis.

Raízes feridas durante tratamentos culturais permanecendo no solo presa à planta, apresentam uma cicatrização com formação de tecido suberoso no local da ferida, o que as torna mais resistentes ao armazenamento em condições normais, após a colheita, ABRAHÃO (1).

## 2.2. Compostos fenólicos e atividade enzimática

De acordo com o CIAT (13) antes que a deterioração fisiológica seja visível pode ser observada com luz ultravioleta uma fluorescência azul brilhante na raiz. Esta fluorescência se deve ao composto fenólico escopoletina, e é indicação segura de que a deterioração está a caminho, pois os pigmentos azuis na mandioca deteriorada se formam pela polimerização dos compostos fenólicos que se acumulam depois da colheita. WHEATLEY (78, 79) e WHEATLEY et alii (81) também observaram que o composto escopoletina está relacionado com a fluorescência azul em luz ultravioleta, presente em tecido fresco poucas horas após a colheita e cuja a intensidade aumenta com o tempo de armazenamento das raízes. WENDER (77) verificou que escopoletina e escopolina podem acumular como resultado do desvio de fenólicos, precursores da biosíntese de lignina. Aplicações de escopoletina em tecido fresco induzem a pigmentação azul escuro nos vasos dentro de 6 horas. Nas injúrias por cortes há produção inicial de escopoletina e a seguir de esculina, (56, 66, 67, 68).

Estudos experimentais de WHEATLEY (79) demonstraram que a rápida deterioração das raízes de mandioca requer a presença de oxigênio e escopoletina, e a ação é aparentemente autocatalítica. Foi demonstrado em vários trabalhos (13, 14, 25, 55, 76, 79), que este composto é responsável pelo escurecimento típico da deterioração fisiológica estando ausente ou em concentrações mínimas nas raízes frescas e tendo sua concentração aumentada rapidamente pou

cas horas após a colheita.

Segundo RICKARD (55, 56) e WHEATLEY (78) as análises espectrofotométricas de extratos de raízes de mandioca, demonstraram que depois de uma ferida, esta apresenta aumentos consideráveis nos conteúdos de fenóis totais, leucoantocianidinas e flavonóis. Os aumentos na atividade da enzima FAL (fenilalaninaamonio-liase), junto com os aumentos no conteúdo de fenol, indicam que estas mudanças devem-se também a síntese de novos constituintes fenólicos e não somente a mudanças qualitativas destes. Observaram ainda que o aumento do material colorido no parênquima de armazenamento e no tecido vascular é acompanhado por aumentos localizados de polifenoloxidase e peroxidase. E concluíram que o material pigmentado constitui-se de taninos condensados derivados das leucoantocianidinas e catequinas.

Em um estudo citoquímico detalhado dos depósitos coloridos RICKARD (56) demonstrou que a maior parte destes era constituída por carboidratos, lipídios e um material similar a lignina, estando este último estreitamente associado aos fenóis livres incluindo as leucoantocianidinas e as catequinas. RICKARD & GAHAN (59) observaram que antes do aparecimento das oclusões pigmentadas, os vasos do xilema das células do parênquima adjacente dão uma reação positiva acentuada com fenóis livres, cabendo ressaltar que não foi evidenciado infecção por fungos ou bactérias nos tecidos. Para MARRIOTT et alii (35) o desenvolvimento dos pigmentos responsáveis pelos sintomas visíveis da descoloração vascular está associado com alterações na atividade de peroxidase que pode ser associado com a formação do material semelhante a lignina a

partir dos fenóis e polifenóis.

Respostas positivas à provas com vanilina, ácido nitroso e reativos de cloreto de fluorglucinol, deixados sobre a superfície de pedaços de raízes de mandioca, demonstraram igualmente a presença de fenóis e um material similar à lignina nas raízes das coloridas, CIAT (13).

TANAKA et alii (67) ao trabalharem com blocos de tecidos correspondentes a diferentes porções de raízes observaram que após 2 e 3 dias de incubação houve alterações nas atividades das enzimas peroxidase, invertase ácida e fenilalaninaamonioliase, e produção de coumarinas e fenóis, havendo aparecimento da cor amarronzada um dia após a incubação dos blocos. Em outro trabalho TANAKA et alii (66) observaram que houve formação de 5 componentes coumarina, 3 escopoletina, escopolina e esculina e outros 2 escopoletina e esculina conjugadas, havendo maior formação de catequina.

Por outro lado, CARVALHO et alii (9, 10) ao estudarem 7 cultivares de mandioca verificaram que as cultivares resistentes à deterioração fisiológica apresentavam raízes com maiores teores de fenólicos totais e suas formas monoméricas e poliméricas, que as susceptíveis, e que além de diferirem quanto ao grau de deterioração fisiológica, apresentavam também, diferenças quanto a resistência à deterioração microbiológica.

RICKARD (57) e WHEATLEY (78) observaram que as condições de crescimento e desenvolvimento das plantas de mandioca e tipo de solo afetam os níveis basais de compostos fenólicos e atividade de fenilalaninaamonioliase das raízes, e que as cultivares apre-

→ fatores que afetam a D.T.



sentam respostas diferentes quanto aos níveis destes constituintes e grau de deterioração fisiológica.

De acordo com o trabalho de BALAGOPAN & PADMAJA (4) a polifenoloxidase é uma enzima chave associada com a deterioração azul das raízes.

RICHARDSON (54) observou que com o rompimento dos tecidos por danificação mecânica a polifenoloxidase atua oxidativamente sobre o substrato disponível, acelerando o escurecimento e consequentemente a deterioração. A atividade desta enzima depende de vários fatores, destacando-se alguns como concentrações de compostos fenólicos (substrato), polifenoloxidase (enzima), ácido ascórbico, etc. CARDOSO & CARRAWAY (7) e CARVALHO et alii (8) afirmam que em plantas há aumentos nos teores de fenólicos como mecanismo de defesa às injúrias e/ou a própria senescência das raízes, em outro trabalho CARVALHO et alii (9) não encontraram correlação significativa entre os teores de compostos fenólicos em raízes recém colhidas e o grau de deterioração microbiológica, mas verificaram alterações nos teores de fenólicos após a ocorrência de deterioração microbiológica, concluindo que não é o teor de fenólicos nas raízes no momento da colheita, porém a síntese mais ou menos acentuada destes compostos na presença de certos microorganismos que conferem diferentes graus de resistência as cultivares, uma vez que nas cultivares mais resistentes a deterioração microbiológica, houve tendência em ocorrer maior acúmulo de compostos fenólicos. PLUMBLEY, et alii (47) afirmam que tanto a deterioração microbiológica quanto a fisiológica estão associadas as enzimas peroxidases que são produzidas pelos tecidos em resposta a condi-

ções de stress.

HUEI-WANG et alii (26) estudando 6 cultivares de mandioca e observando que a atividade de polifenoloxidase variava com as cultivares, verificaram que a atividade da polifenoloxidase e escurecimento enzimático são ocorrências distintas, o que está de acordo com o trabalho de PORTELA (49) que não verificou correlação entre o escurecimento e atividade de polifenoloxidase em algumas variedades de batatinha. HUEI-WANG et alii (26) compararam os teores de proteína das cultivares e verificaram que os maiores teores de proteína das cultivares Iracema, Engana Ladrão e IAC-12829 evidenciaram as maiores possibilidades da presença de polifenoloxidase nessas três cultivares, o que relaciona-se a classificação feita por CARVALHO et alii (11), em que a Cv. Iracema tem um grau maior de escurecimento, seguida da IAC-12829, Branca de Santa Catarina e Guaxupé como intermediária e por último a Engana Ladrão e a Mantiqueira.

PADMAJA et alii (44) observaram haver aumentos nas atividades da polifenoloxidase do 1º ao 2º dia de armazenamento, seguido de decréscimos até o 5º dia, porém PLUMBLEY et alii (47) observaram acréscimos em atividades apenas para a polifenoloxidase das frações covalentemente ligadas, as ionicamente ligadas não tiveram atividade detectável nas raízes com e sem coloração (deterioração fisiológica) e as frações solúveis não apresentaram aumentos com a deterioração fisiológica. Através de um exame quantitativo das frações contendo peroxidases solúveis e polifenoloxidase mostraram que em tecido descolorido, a peroxidase exibiu 1,5 a 2,0 vezes a atividade observada em tecido não descolorido, a poli



fenoloxidase não mostrou diferença. CARVALHO et alii (8) verificaram que as raízes da cultivar IAC 1418 não apresentaram atividade de polifenoloxidase após a colheita. KATO (28) verificou que a permanência das raízes da cultivar IAC 12829 no solo 7 dias após a poda provocou um aumento acentuado na atividade da polifenoloxidase, praticamente dobrando o valor inicial no dia da poda (0 dia). PLUMBLEY et alii (47) acreditam que a peroxidase está envolvida na deterioração de vegetais durante a estocagem, e afirmam que segundo VEECH a peroxidase é responsável pela oxidação de polifenóis e subsequente amarronzamento de sementes de algodão infectadas por Rhizoctonia solani Kuhn, e que a peroxidase também está associada com nanismo, injúria, senescência, abscisão e resistência a doenças.

CARVALHO et alii (8) observaram que durante o período de armazenamento houve aumentos na atividade peroxidase nas regiões da ponta, meio e inserção das raízes de mandioca da variedade IAC 1418, com aumento da deterioração fisiológica, sendo que os níveis basais (0 dia) e os aumentos das atividades peroxidase foram menores na região mediana das raízes, indicando atividades enzimáticas mais acentuadas nas extremidades ou seja, ponta e inserção (áreas mais sujeitas às injúrias). Segundo RICKARD (55) o desenvolvimento do pigmento responsável pelos sintomas visíveis da descoloração vascular está associado com a formação de material semelhante a lignina pelos fenóis e polifenóis e mudanças na atividade de peroxidase. PLUMBLEY & HUGHES (46) observaram que um material semelhante a lignina estava presente em oclusões pigmentadas dos vasos do xilema em raízes de mandioca, e estudos eletroforéti

cos demonstraram que houve uma variação no padrão de isoenzimas da peroxidase em tecidos descoloridos de raízes de mandioca e que é possível que estas variações estejam associadas com a formação de pigmentos.

Porém, TANAKA et alii (67), observaram que a camada de lignina formada na superfície de discos das raízes aumentou paralelamente com o aumento da atividade de peroxidase. E em alguns casos a camada de lignina ocorreu nas partes marrons da descoloração, sendo que nestas partes marrons e nas áreas adjacentes a estas foram também detectadas presença de polifenoloxidase. FRIEND citado por WHEATLEY (78) trabalhando com batatas verificou que a síntese de lignina forma mecanismos de resistência para F. infestans e alguma inibição desta, ajuda na penetração do patógeno.

PLUMBLEY et alii (47) afirmam que os tecidos das plantas contêm grande número de enzimas que exibem atividade de peroxidase e nesta investigação demonstraram que tecidos de raízes de mandioca contêm várias peroxidases eletroforéticamente diferentes que podem ser divididas em três isoenzimas de acordo com a mobilidade, estando o padrão eletroforético relacionado com a desordem fisiológica conhecida como descoloração vascular.

Entretanto, MARRIOTT et alii (35) verificaram através de eletroforese sobre gel de poliacrilamida e marcação com hidrocloreto de benzidina que a peroxidase evidencia-se como três grupos reunidos. E que durante o desenvolvimento da descoloração vascular, este padrão eletroforético apresenta variações incluindo o aparecimento de um novo grupo, no grupo intermediário e a intensifi



cação severa de outros. Estas variações são também acompanhadas por um aumento na atividade da peroxidase total e por uma oxidação moderada do ácido ascórbico. Observou-se ainda que a atividade da polifenoloxidase está associada com o grupo mais alto e o mais baixo da peroxidase, mas não com o grupo intermediário, e também não houve diferenças do padrão eletroforético de atividade de polifenoloxidase entre o tecido saudável e o descolorido. De acordo com RICKARD (56) a possibilidade de que uma enzima possa exibir dois tipos de atividade não pode ser eliminada.

Ao enfatizar as enzimas covalentemente ligadas, extraídas por quebras enzimáticas de paredes celulares foi demonstrado pelos autores PLUMBLEY *et alii* (47) que o tecido descolorido continha 4 vezes mais a atividade da polifenoloxidase que a do extrato de tecido não descolorido. Já uma avaliação quantitativa de enzimas ionicamente ligadas extraídas da parede celular mostraram que nem as enzimas peroxidases nem a polifenoloxidase foram detectáveis em tecidos de raízes não descoloridos.

### 2.3. Efeito do etileno e da respiração na deterioração

O etileno é um fitohormônio que causa alterações metabólicas no tecido das plantas, HIROSE (22). Para RICKARD (55, 57) e TANIGUCHI & DATA (68), o etileno pode afetar a descoloração dos tecidos não somente por alterar a atividade respiratória, mas também por alterar as enzimas peroxidases.

PLUMBLEY et alii (47) constataram que a produção de quantidades detectáveis de etileno aumenta 6 horas após danificação do tecido, indicando que o etileno endógeno pode estar envolvido na regulação da atividade da peroxidase em raízes de mandioca. E que a produção de etileno aumenta em paralelo com o aumento respiratório.

Segundo os autores HIROSE (22) e RAJA & ABRAHAM (50) ocorre diferença varietal quanto a taxa respiratória das raízes, e também quanto a quantidade de etileno produzido. Cultivares com alta taxa respiratória e perda de peso semelhante, desenvolvem um alto grau de deterioração fisiológica, por outro lado raízes com alto grau de deterioração fisiológica demonstram altas taxas respiratória quando comparadas com raízes intactas e com pequeno grau de deterioração fisiológica.

MARRIOTT et alii (33, 34) observaram que a deterioração fisiológica e o aumento da taxa respiratória podem ocorrer em raízes de mandioca, frescas, recém colhidas, como resultado do stress localizado, produzido por uma alta taxa de perda de água através dos cortes e abrasões.

Já HIROSE et alii (23) trabalhando com raízes de mandioca intactas e com pedaços de raízes com diferentes tipos de injúria, observaram que o primeiro pico respiratório ocorrido no primeiro dia foi maior que o que ocorreu no quinto dia de armazenamento. A diferença na deterioração fisiológica de raízes intactas e nos pedaços injuriados evidenciou-se aproximadamente em quatro dias após a colheita.

O aumento da respiração e conseqüentemente da deteriora-

ção fisiológica observados em pedaços de raízes injuriados e provavelmente também a perda de peso são devido principalmente a perda d'água e a decomposição do amido. O aumento da respiração é um resultado de várias mudanças nas atividades metabólicas, induzido pela injúria mecânica, cura do ferimento, e deterioração pós colheita (31, 35, 36). O stress causado pela perda d'água aumenta a taxa respiratória e o aparecimento da deterioração fisiológica, HIROSE et alii (23).

Observa-se um desenvolvimento rápido da deterioração fisiológica nas raízes que se apresentam com injúrias severas tais como remoção de 50% do cortex e da periderme. O rápido desenvolvimento da deterioração fisiológica no quinto e sexto dias coincide com a capacidade de máxima taxa respiratória. Entretanto no oitavo dia, a taxa respiratória das raízes de mandioca é reduzida atingindo valores próximos a taxa na pós colheita (17, 20, 23, 34, 35).

URITANI & ASAHI (71) observaram que o aumento respiratório em tecidos injuriados por cortes em raízes foi associado com o processo de cura da raiz na colheita, e que a taxa pode decrescer ao nível observado antes que o ferimento se complete com uma camada de cura.

#### 2.4. Amido e açúcares

A produção de matéria seca e amido nas raízes variam de

acordo com a variedade, idade da planta na colheita. A porcentagem de matéria seca no tecido parenquimatoso varia de 24 a 37% e o teor de amido está entre 78,1 e 90,1% (20, 21, 29, 51, 70).

PACHECO citado por ABRAHÃO (1) verificou que a qualidade do amido diminui à medida que a deterioração progride.

Análises de raízes armazenadas não descoloridas demonstraram uma leve redução da quantidade de amido de 3,9%, que foi explicado ter ocorrido devido a clivagem enzimática. No caso de raízes descoloridas a redução do conteúdo de amido foi de 21,7% do valor original de 81,5%. Este decréscimo acentuado no conteúdo de amido está associado com as alterações de amolecimento da textura e descoloração, etc. podendo ser interpretado como resultado da podridão microbiana, RAJA & ABRAHAM (50).

CZYHRINCIW & JAFFÉ (16) observaram que o conteúdo de amido das raízes de mandioca armazenadas a 25°C, decresceu na primeira e segunda semana de armazenamento, aumentando na terceira semana, e para as raízes armazenadas a 3°C o aumento foi gradativo até a quarta semana de armazenamento. FERREIRA (19) atribui o acréscimo em amido das raízes de mandioca no período de armazenamento pós colheita, a hidrólise de outros carboidratos com aumentos nos teores de carboidratos de cadeias menores, produtos intermediários nas atividades das enzimas celulares, o que também poderia contribuir para um aumento irreal do amido.

De acordo com MAINI & BALAGOPAL (32) a variação nos teores de amido e açúcares durante o período de armazenamento da mandioca depende das condições de armazenamento como temperatura, umidade relativa e duração do armazenamento e também do estado fi-



siológico do material armazenado.

O pico de atividade da amilase foi observado no sexto dia após o armazenamento, no caso de algumas variedades, e em outras a atividade foi máxima no quarto dia. Decréscimos no conteúdo de amido com concomitantes aumentos nos teores de açúcares na fase pós colheita foram verificados desde o início do armazenamento (32, 33, 43).

Para CARVALHO et alii (12) não se pode atribuir o acréscimo em açúcares totais apenas como uma consequência da hidrólise do amido. Em outro trabalho CARVALHO et alii (10) observaram para a cultivar em estudo 'Mantiqueira' que acréscimos nos açúcares não corresponderam a decréscimos no amido. Os resultados destes estudos diferem dos de BOOTH et alii (6), VARGAS (76) e CARVALHO et alii (9) que observaram que acréscimos em açúcares eram correspondentes a decréscimos em amido para as cultivares Lanera, CMC-84 e Sonora respectivamente.

CARVALHO et alii (12), observaram que aos 41 dias de armazenamento os teores de amido decresceram e os de açúcares aumentaram acentuadamente. Estas mudanças bruscas podem ser atribuídas a própria senescência das raízes, uma vez que neste estágio de armazenamento, as raízes de todos os tratamentos não eram consideradas mais aceitáveis para o consumo e já se encontravam amolecidas e com textura desintegrada. Ao correlacionar as mudanças em amido e açúcar com os graus de deterioração microbiológica e fisiológica observou-se que as mesmas foram independentes das deteriorações. Entretanto OBIGBESAN & MATULUKU (41) verificaram uma redução drástica no teor de amido da cultivar Rosinha após um ataque

severo de "bacteriose" Xanthomonas manihotis (Arthaud-Berthet) Starr.

MAINI & BALAGOPAL (32) atribuem o aumento do conteúdo de açúcares e a diminuição do conteúdo de amido, durante o armazenamento, a atividade amilase e a desidratação que leva definitivamente a baixar o conteúdo de amido e aumentar o conteúdo de açúcares favorecendo com isto a invasão microbiana. Porém CARVALHO et alii (12) verificaram que as modificações nos açúcares e amido não podem ser atribuídas às mudanças na umidade uma vez que não encontrou-se correlações significativas entre percentagem de umidade das raízes e dias de armazenamento.

O grau de deterioração fisiológica foi negativamente correlacionado com o teor de umidade das raízes na colheita, mas foi positivamente correlacionado com o conteúdo de amido das raízes, HIROSE (22). Em geral observa-se um aumento de amido que está em relação com o aumento de peso seco ou a evaporação de água das raízes durante o armazenamento, KAWABATA et alii (29).

BOOTH et alii (6) quando armazenaram raízes de mandioca por 5 semanas em temperatura ambiente observaram que o conteúdo total de açúcares aumentou de 5,2% para 13,9%, com um correspondente decréscimo no conteúdo de amido, havendo entretanto alterações relativamente pequenas em 8 semanas de armazenamento, que está de acordo com os resultados encontrados por KAWABATA et alii (29), que observaram que o conteúdo de açúcar aumentou durante as duas primeiras semanas de armazenamento indicando alterações metabólicas neste período.

## 2.5. Ácido ascórbico

A estrutura química do ácido ascórbico assemelha-se à de um monossacarídeo, apresentando extraordinário poder redutor, devido a sua configuração dienólica =



O ácido ascórbico pode ser facilmente oxidado a dehidroascórbico, que também apresenta atividade vitamínica, VAN LELY - VELD & DE BRUYN (74).

OGUNSUA & ADEDEJI (42) trabalharam com quatro variedades de mandioca armazenadas em temperatura ambiente e verificaram que o conteúdo de ácido ascórbico foi de 120 a 150 mg/100 g b.s. (base seca), e o de ácido dehidroascórbico de 56 a 60 mg/100 g b. s. (base seca). Não havendo diferenças significativas entre as variedades; e o pH foi semelhante nas variedades examinadas. A retenção de ácido ascórbico após 5 dias de armazenamento foi de 25-30% do valor original, e após 8 dias observou-se uma queda insignificante no conteúdo. Porém em refrigeração verificou-se uma retenção de 50% em 5 dias e de 20% do valor original após 8 dias de armazenamento, resultados estes que diferem dos encontrados por CZYHRINCIW & JAFFÉ (16) que observaram que a mandioca conserva melhor o conteúdo de vitamina C em temperatura de 12°C ainda que a melhor temperatura para conservação da mandioca seja de +3°C.

Em mandioca como resposta aos fatores de stress, várias atividades metabólicas são ativadas envolvendo síntese e ativida-

de de proteínas que são alteradas, como as enzimas que participam da biosíntese alternativa e secundária de metabólitos, tais como FAL, AIAse e peroxidase, são formadas acompanhadas pela produção de metabólitos secundários, tais como coumarinas fenólicos e componentes de lignina (4, 17, 52, 57, 59, 60, 61, 69, 80).

Pelo exposto, verifica-se que as transformações bioquímicas que ocorrem na raiz de mandioca durante o período de armazenamento devem-se em parte a oxidação das enzimas em presença de oxigênio e que a intensidade de variações das mesmas são dependentes de vários fatores dentre eles de cultivares. No entanto evidencia-se a necessidade de selecionar melhor as cultivares quanto a resistência ao armazenamento através das modificações físicas, físico-químicas e químicas ocorrentes nas raízes durante o período pós colheita.

### 3. 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 aos 18 meses após o plantio.

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

Em cada avaliação foram escolhidas, ao acaso e aleatoriamente para cada cultivar 4 grupos de 5 raízes de tamanho uniforme.

#### 3.1. Análises

Todas as análises foram realizadas nos laboratórios do

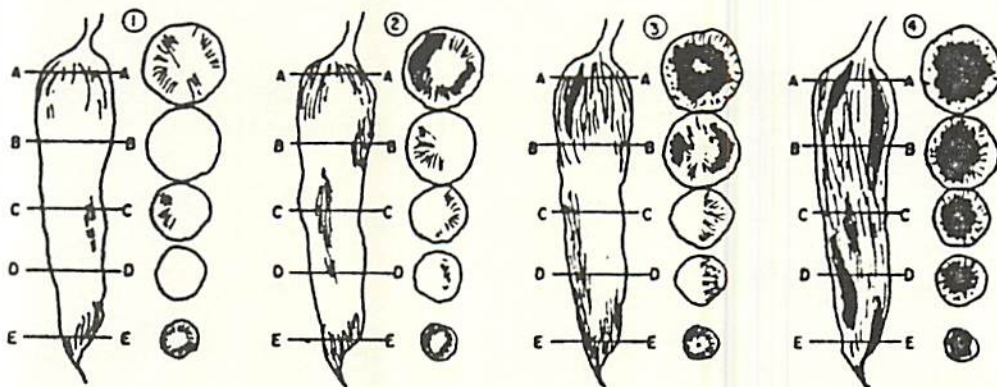
Departamento de Ciência dos Alimentos - ESAL, utilizando-se técnicas testadas e padronizadas nas condições laboratoriais existentes.

As determinações físicas e químicas foram realizadas para cada cultivar, sendo as raízes seccionadas transversalmente em 6 partes, nas quais as análises químicas foram realizadas após a trituração e homogeneização dos pedaços das raízes. Foram determinados os seguintes parâmetros:

### 3.1.1. Físicos

- Grau de deterioração fisiológica, escurecimento, descoloração, ou D.F. (%)

Foi avaliado o percentual da seção transversal da raiz escurecida de acordo com o esquema abaixo.



0 = 0% de danos

1 = 25% de danos

2 = 50% de danos

3 = 75% de danos

4 = 100% de danos

- Umidade (%)

Foi determinada por secagem em estufa com circulação de ar a 60°C, até o peso constante.

### 3.1.2. Químicos

- Amido (%)

Extraído por hidrólise ácida segundo técnica da AOAC (2) e identificados pelo método de Somogy modificado por NELSON (39).

- Açúcares redutores, não redutores e totais (%)

Extraído pelo método de Lane Enyon citado na AOAC (2) e identificados pelo método de Somogy modificado por NELSON (39).

- Fenólicos (mg/100 g)

Foram extraídos pela técnica recomendada por SWAIN & HILLIS (65) e doseados pelo reagente de Folin Denis, conforme recomendações da AOAC (2).

- Fibras (%)

Obtida segundo o método proposto por VAN DE KAMER & VAN GINKEL (75).

- Proteína (mg/g)

Foi determinada através do método de Biureto descrito por LAYNE (30).

- Ácido ascórbico e dehidroascórbico (mg/100 g)

Foram determinados pelo método colorimétrico de Roe & Kuether, citados por STROHECKER & HENNING (64).

- Atividade de polifenoloxidase ou PFO (unidade/hora)

Foi determinada de acordo com a técnica descrita por PONTING & JOSLYN (48), com algumas modificações para mandioca.

Amostras de 40 g de mandioca, mais 50 g de gelo, e 140ml de água destilada gelada (0°C) foram trituradas por três minutos em liquidificador. O material assim preparado foi filtrado a vácuo por duas vezes usando duas folhas de papel de filtro Whatman nº 1. Em seguida o material assim preparado, foi centrifugado por 15 minutos a 1500 rpm. O líquido sobrenadante foi passado para um Erlenmeyer de 250 ml com tampa e colocado em banho de gelo picado para ser utilizado como fonte enzimática (extrato enzimático). Em outro Erlenmeyer de 250 ml foram adicionados 3 ml de Catecol 0,1 M e 96 ml de tampão fosfato 0,1 M (sendo 19,942 g de  $K_2HPO_4$  e 4,54g de  $KH_2PO_4$  em 1 litro de água destilada) pH 7,0 e a seguir foi deixado para estabilizar por 2 horas a 30°C. A este substrato foi adicionado 1 ml do extrato enzimático, sendo então rapidamente homogeneizado; tomou-se cerca de 4 ml em um tubo do espectrofotômetro, efetuando-se 10 leituras de 1 em 1 hora em 425 nm.



Para leitura do espectrofotômetro foi usado como controle para a reação enzimica o branco contendo catecol e tampão fosfato.

Uma unidade da enzima PFO foi definida como a quantidade de extrato enzimico que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidades por hora.

- Atividade de peroxidase ou PO (unidade/minuto)

Foi determinada de acordo com a técnica descrita por FERHMANN & DIAMOND (18), com algumas modificações para a mandioca.

Amostras de 40 g de mandioca, mais 50 g de gelo e 140 ml de água destilada gelada (0°C) foram trituradas por três minutos em liquidificador. O material assim preparado foi filtrado a vácuo por duas vezes usando duas folhas de papel de filtro Whatman nº 1. Em seguida o material foi centrifugado por 15 minutos a 1500 rpm. O líquido do sobrenadante foi passado para Erlenmeyer de 250 ml com tampa e colocado em banho de gelo picado para ser utilizado como fonte enzimica (extrato enzimico). Em outro Erlenmeyer de 50 ml foram adicionados 20 ml de tampão fosfato 0,1 M (sendo 19,942 g de  $K_2HPO_4$  e 4,54 g de  $KH_2PO_4$  em 1 litro de água destilada) pH 7,0 que a seguir foi deixado para estabilizar por 2 horas a 25°C. Após a estabilização foi adicionado 1 ml de Guaia-col a 0,5% e em seguida 1 ml de  $H_2O_2$  0,08%, sendo então rapidamente homogeneizado, tomou-se a seguir 4 ml em um tubo do espectrofotômetro, efetuando-se 10 leituras de 1 em 1 minuto, em 470 nm.

Como controle para a reação enzimica, foi utilizado o

branco contendo solução tampão.

Também no caso da PO, uma unidade da enzima foi definida como a quantidade de extrato enzimico que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidades por minuto.

### 3.1.3. Análise estatística

A análise de variância, o cálculo do coeficiente de correlação e a equação de regressão foram feitos segundo os métodos usuais de PIMENTEL GOMES (45).

Os dados referentes a deterioração fisiológica foram transformados de acordo com  $y = \text{arc. sen} \sqrt{\frac{P}{100}}$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que as raízes armazenadas em condições ambientais apresentaram correlações positivas significativas entre dias de armazenamento e a maioria dos parâmetros analisados. O teste Tukey detectou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade no período de armazenamento para os parâmetros analisados (ver análise de variância no apêndice).

A cultivar Guaxupé apresentou-se com maiores porcentagens de umidade seguidas pelas cultivares Sonora e IAC 12829. Estatisticamente a cultivar Sonora não apresentou variações significativas nos teores de umidade durante os dias de armazenamento (Quadro 3).

As equações e curvas de regressão referentes a grau de DF, umidade e dias de armazenamento pós colheita encontram-se nas Figuras 1 e 2. O maior teor de umidade inicial da cultivar Guaxupé 61%, pode ter propiciado a esta cultivar um menor escurecimento final e conseqüentemente menor DF. Este resultado concorda com o observado por CARVALHO et alii (10) que para retardar a DF, os teores de umidade das raízes devem estar acima de 58,3%. Já a cul

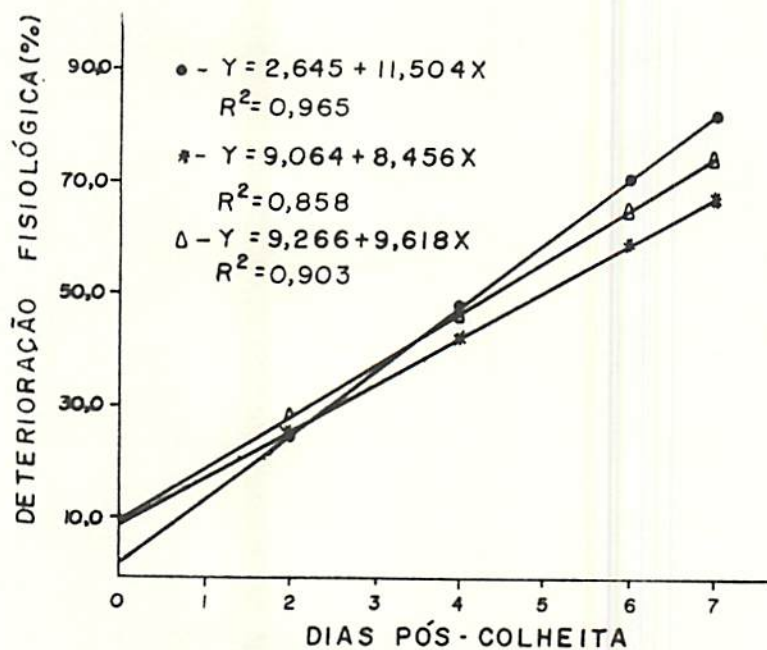


FIGURA 1 - Curvas de regressão entre porcentagens de deterioração fisiológica e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. ● - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829.

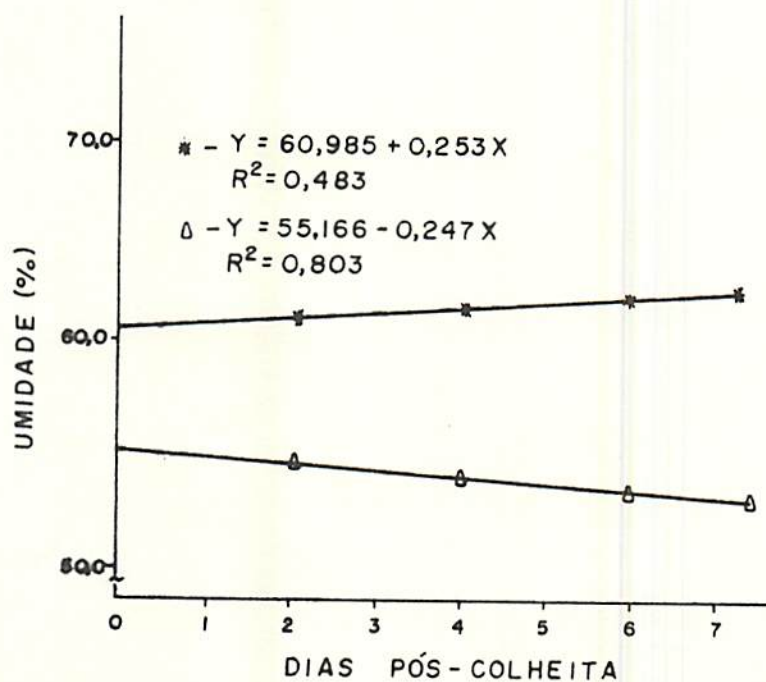


FIGURA 2 - Curvas de regressão entre porcentagens de umidade e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829, Sonora - N.S.

tivar Sonora apresentou nível inicial de 58,47%, acima do nível citado por CARVALHO et alii (10) para retardar a deterioração. Segundo CARVALHO et alii (11) a cultivar IAC 12829 apresentou um grau de escurecimento intermediário quando comparada com outras 5 cultivares e foi considerada como susceptível à DF. No presente trabalho esta cultivar apresentou umidade inicial de 55,13% e um grau de escurecimento apesar de não significativa, com tendência de ser maior que o da cultivar Guaxupé (Quadro 3).

WHEATLEY (78) e WHEATLEY & SCHWABE (83) afirmam que a biossíntese de fenólicos é frequentemente estimulada pela injúria, infecção e outros stress. RICKARD (56) verificou que o acréscimo no conteúdo de fenólicos se dá juntamente com o aumento da atividade da enzima fenilalaninaamonioliase, indicando haver mudanças qualitativas dos constituintes fenólicos.

Ocorreram correlações significativas entre dias de armazenamento e as formas de fenólicos totais, extraíveis em metanol a 50% e metanol para as três cultivares, porém, para as formas extraíveis em água apenas a cultivar Sonora apresentou curva de regressão significativa, (Figuras 3, 4, 5, 6).

Com respeito a fenólicos totais, pode ser observado através do Quadro 1 que as cultivares IAC 12829, Sonora e Guaxupé apresentaram valores médios iniciais de 125,58; 104,25 e 109,88mg/100g respectivamente. Observa-se na Figura 3 que houve um aumento no nível destes fenólicos para a cultivar Sonora até o segundo dia de armazenamento, seguido de decréscimo, e para as cultivares IAC 12829 e Guaxupé foram observados decréscimos até o sétimo dia de armazenamento. Estes resultados não concordam com os obtidos

QUADRO 1 - Valores médios dos teores de fenólicos totais, extraíveis em metanol, metanol 50% e água das raízes de 3 cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz), em 5 períodos pós colheita.

Constituintes	Cvs.	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Fenólicos totais (mg/100 g)	Sonora	104,25 c	114,25 b	125,18 a	104,65 c	84,58 d
	Guaxupé	109,88 a	97,00 b	99,22 b	90,56 c	85,34 c
	IAC 12829	125,58 a	120,75 a	109,08 b	123,57 a	83,32 c
Fenólicos extraí- veis em metanol (mg/100 g)	Sonora	38,24 b	37,74 b	41,06 a	38,24 b	30,19 c
	Guaxupé	45,48 a	31,80 b	31,60 b	26,16 c	25,36 d
	IAC 12829	45,48 a	33,81 c	37,23 b	37,43 b	27,77 d
Fenólicos extraí- veis em metanol 50% (mg/100 g)	Sonora	35,82 d	36,63 c	51,92 a	41,86 b	32,60 e
	Guaxupé	37,43 c	38,64 b	39,45 a	39,85 a	28,98 d
	IAC 12829	48,70 c	51,12 b	42,26 d	54,34 a	27,37 e
Fenólicos extraí- veis em água (mg/100 g)	Sonora	30,19 b	37,97 a	32,20 b	24,55 c	21,74 c
	Guaxupé	26,97 b	26,57 b	30,70 a	24,55 b	30,99 a
	IAC 12829	31,40 cb	35,82 a	28,58 cd	31,80 b	28,18 d

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



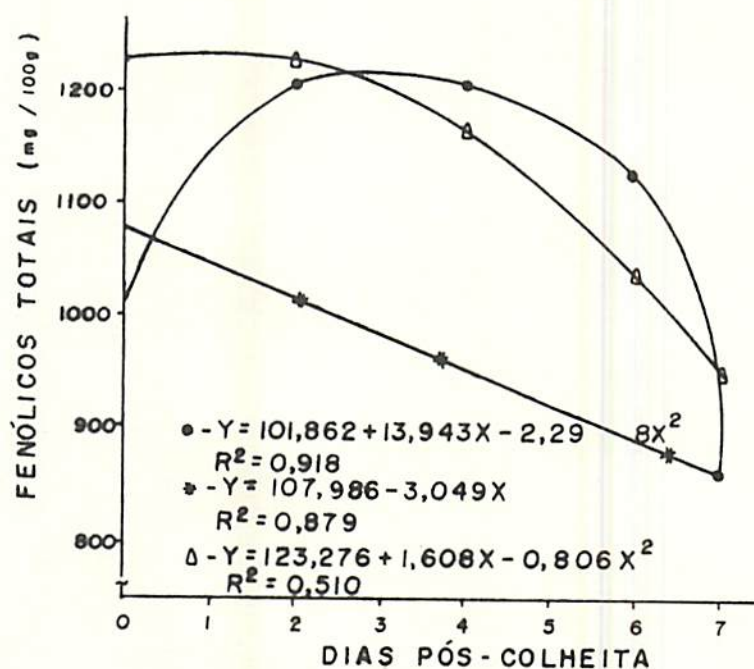


FIGURA 3 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos totais e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829.

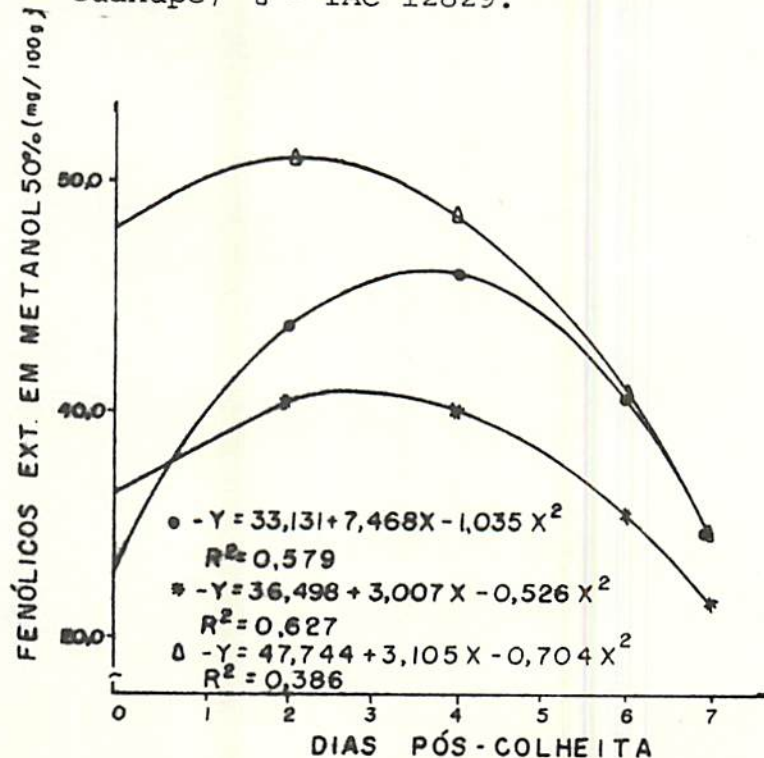


FIGURA 4 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em metanol 50% e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829.

por CARVALHO et alii (8) e PADMAJA et alii (44) que observaram de créscimos iniciais nos fenólicos totais seguidos de aumentos posteriores.

As formas de fenólicos extraíveis em metanol a 50% apresentaram para as cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829 valores médios iniciais de 35,82; 37,43; 48,70 mg/100 g respectivamente (Quadro 1). Verifica-se através da Figura 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 decréscimos a partir do quarto dia de armazenamento. Os aumentos iniciais destes fenólicos podem ter sido devido a hidroxilação de monofenóis e os decréscimos devido a oxidação de difenóis ambos pela ação da enzima polifenoloxidase, sendo a quinona o produto da oxidação. Constatou-se o fato ao comparar a Figura 4 com a Figura 8 onde se verifica que a atividade enzimática começa decrescer com o decréscimo do substrato. Estes resultados estão de acordo com o autor WHEATLEY (78) que afirma que a ação da polifenoloxidase se processa da seguinte maneira: hidroxilação de monofenóis para 0-difenóis e oxidação destes 0-difenóis para quinonas.

Quanto as formas de fenólicos extraíveis em metanol pode-se visualizar na Figura 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 alii (8) afirmam que os acréscimos nas frações de fenólicos extraíveis em metanol (fenólicos mais simples), indicam que além da condensação de fenó



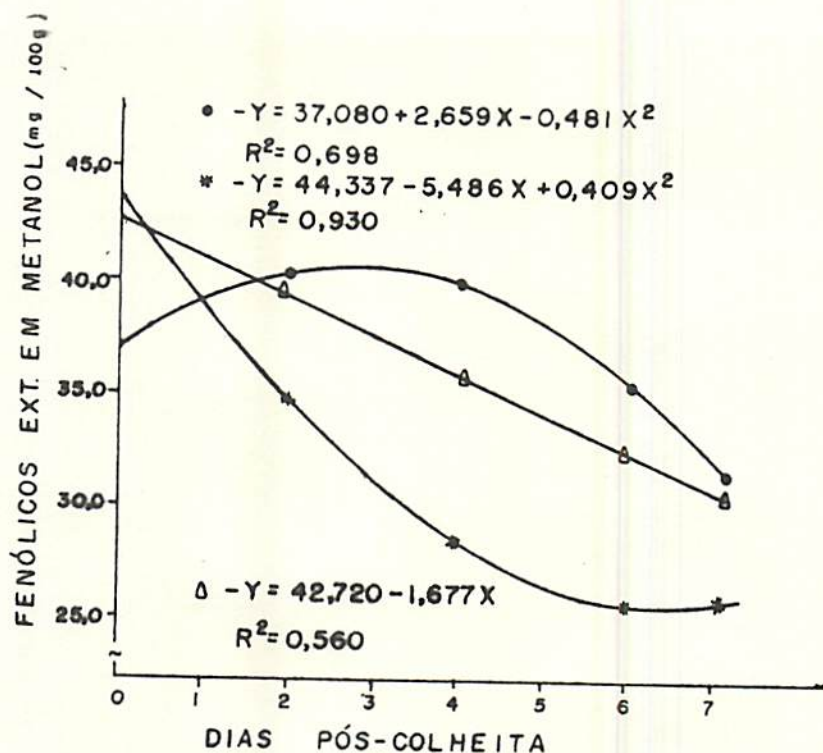


FIGURA 5 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em metanol e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras - MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $*$  - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

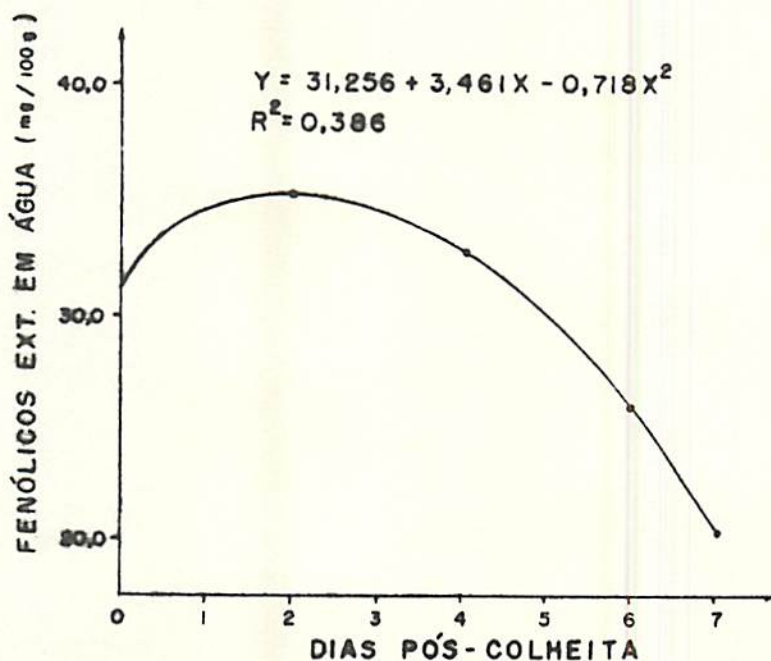


FIGURA 6 - Curvas de regressão entre teores de fenólicos extraíveis em água e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz).  $\bullet$  - Sonora; Guaxupé - N.S.; IAC 12829 - N.S.

licos há também a síntese destes compostos com o aumento da DF. As cultivares IAC 12829 e Guaxupé que apresentaram teores iniciais mais elevados equivalentes a 45,48 mg/100 g, como pode ser observado no Quadro 1, apresentaram decréscimos até o final do experimento, indicando ter havido ação da enzima polifenoloxidase na hidroxilação destes monofenóis. A cultivar Sonora com níveis iniciais de 38,24 mg/100 g, apresentou aumentos até o segundo dia seguido de decréscimos.

As cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829 apresentaram níveis médios iniciais para fenólicos extraíveis em água (polímeros) de 30,19; 26,97 e 31,40 mg/100 g respectivamente (Quadro 1). As cultivares IAC 12829 e Guaxupé apresentaram curvas de regressão estatisticamente não significativas para esta forma de fenólicos. A cultivar Sonora apresentou aumento até o segundo dia de armazenamento e posterior decréscimo, este aumento possivelmente se deve ao fato de que as raízes sofreram algum tipo de injúria no momento da colheita. Como foi mencionado anteriormente, segundo os autores RICKARD (55, 56) e WHEATLEY (79) nas regiões que sofrem ferimentos há um escurecimento do tecido com o acúmulo de taninos polimerizados, derivados das leucoantocianidinas e catequinas. Os decréscimos observados podem ser devidos a ação da enzima peroxidase que promove a oxidação de polímeros, como pode ser observado nas Figuras 6 e 7 que no segundo dia de armazenamento, onde ocorre maior nível de fenólicos poliméricos coincide com o ponto de atividade mínima da peroxidase, notando-se ainda que os decréscimos acentuados nos teores de fenólicos poliméricos e - quivalem aos aumentos na atividade da enzima peroxidase. CARVALHO

et alii (8) 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.

Neste estudo pode-se verificar no Quadro 2 que a atividade inicial da peroxidase para as cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829 foram de 41,75; 43,75 e 44,00 unidades/minuto e pode-se observar que esta atividade aumenta com o tempo de armazenamento e também com o aumento da DF. CARVALHO et alii (8) e PLUMBLEY et alii (47) também observaram que com a descoloração (DF) das raízes de mandioca, houve aumentos acentuados na atividade da peroxidase das frações solúveis.

Na Figura 7, encontram-se as equações e curvas de regressão entre atividade da peroxidase e dias de armazenamento notando-se 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 endurecidas, estes resultados podem ter sido devido a ação de enzimas peroxidases visto que esta cultivar apresentou no final do experimento atividade de 325,00 unidades/minuto. MARRIOTT et alii (33) observaram que aumentos em peroxidase associados com injúria podem indicar aumento da biossíntese de lignina pode também atuar como barreira à infecção microbiana e também prover um aumento na concentração de produtos de oxidação de fenólicos, alterando a concentração de auxinas devido a presença de IAA-oxidase. E em combinação estes

QUADRO 2 - Valores médios referentes a atividade da polifenoloxidase, atividade específica da polifenoloxidase, atividade da peroxidase e atividade específica da peroxidase das raízes de 3 cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz), em 5 períodos pós colheita.

Constituintes	Cvs.	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	99,00 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 d	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 Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



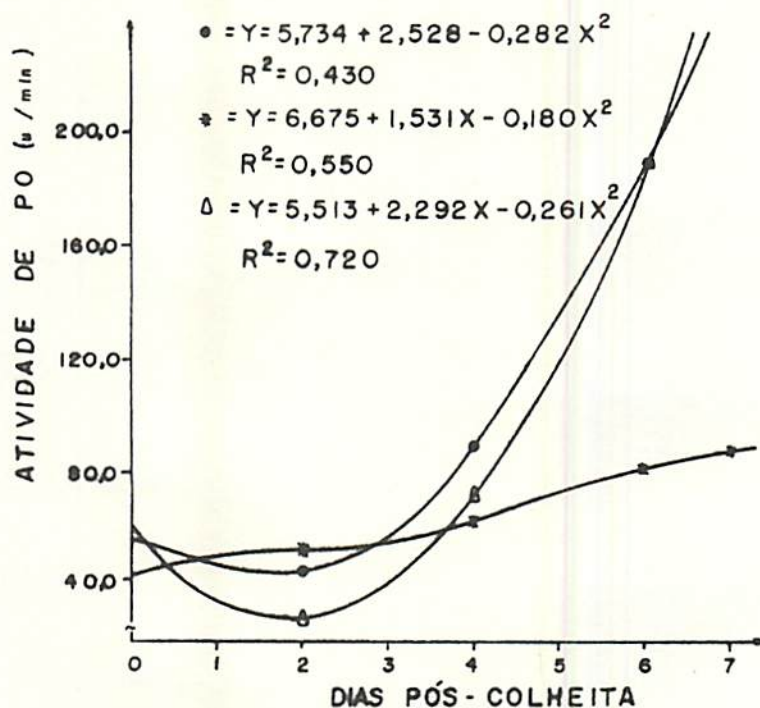


FIGURA 7 - Curvas de regressão entre atividade de peroxidase e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $*$  - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

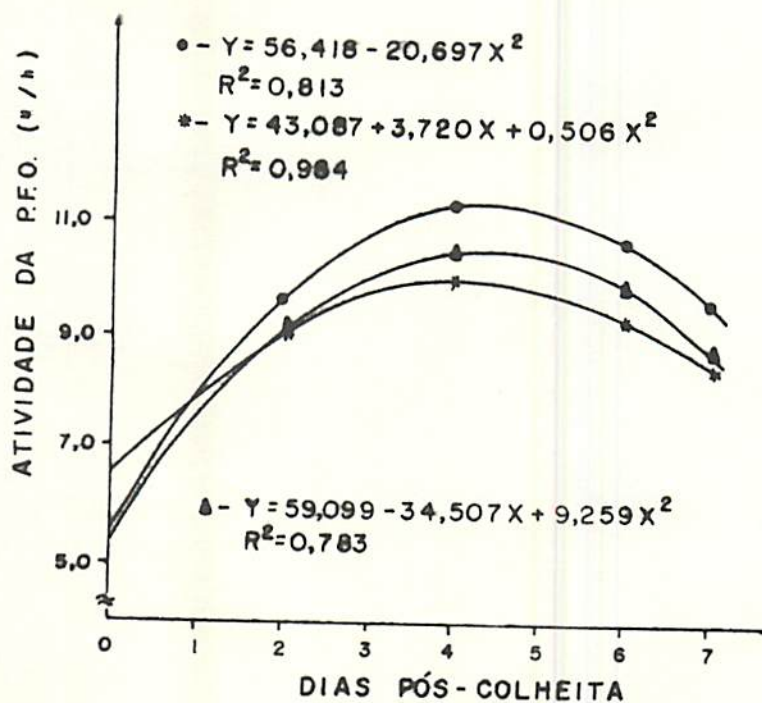


FIGURA 8 - Curvas de regressão entre atividade de polifenoloxidação e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $*$  - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

três sistemas de enzimas juntamente com numerosos componentes fenólicos presentes nos tecidos das plantas, providenciam resistência e recuperação da infecção ou stress 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. Este menor escurecimento pode ser explicado pela baixa atividade da enzima peroxidase nas raízes desta cultivar durante o armazenamento.

Segundo os autores REIGH et alii (53) a peroxidase é uma enzima complexa, com uma cadeia de isoenzimas, com diferentes afinidades para vários substratos, e a escopoletina é prontamente oxidada pela peroxidase na presença de peróxido de hidrogênio e produz produtos de oxidação que são os pigmentos.

Com respeito a atividade específica da peroxidase, pode-se observar na Figura 9 as equações e curvas de regressão entre esta atividade e 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 aos 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 comparar a atividade específica da peroxidase (Figura 9) com a atividade proteolítica (Figura 7).

Através da Figura 8, pode-se observar as equações e curvas de regressão para atividade da polifenoloxidase, onde a culti

var Sonora apresentou maior atividade enzimática seguida pela IAC 12829 e Guaxupé. Verifica-se no Quadro 2 que os valores médios iniciais são de 6,63; 6,00; 7,09 unidades/hora para estas cultivares respectivamente.

De acordo com os autores PADMAJA et alii (44), RICKARD (55) e RICKARD et alii (60) os fenóis já presentes na injúria das raízes podem ser oxidados para 0-quinonas ou polímeros pela ação da polifenoloxidase, havendo estímulo à biosíntese de oxidação destes fenóis e conseqüentemente um aumento da atividade da polifenoloxidase. Pode-se observar através das Figuras 4, 5 e 8 que algum outro mecanismo além da atividade da polifenoloxidase, está envolvido na hidroxilação de monofenóis, oxidação de difenóis e a atividade da polifenoloxidase, visto que a cultivar Guaxupé apresentou maiores decréscimos em monofenóis que não correspondem a aumentos em difenóis, e apresentou baixa atividade enzimática e finalmente menor escurecimento.

WHEATLEY (78) 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 (38) verificaram que as quinonas tem ação antimicrobiana e que os polímeros podem atuar como taninos, que formam complexos com proteínas e atuam como uma barreira física para 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 haver maior atividade da peroxidase do que da

polifenoloxidase para as 3 variedades. Verifica-se nas Figuras 1, 7, 8 e 9 que maiores atividades das enzimas peroxidases e polifenoloxidase correspondem a um maior grau de DF para as cultivares Sonora e IAC 12829, e o contrário para a cultivar Guaxupé.

Quanto a atividade específica da polifenoloxidase as equações e curvas de regressão foram estatisticamente não significativas, e os valores médios encontram-se no Quadro 2, onde observa-se que as alterações da atividade proteolítica da polifenoloxidase pode ser atribuída a síntese ou degradação das enzimas e não a ativação das já existentes.

Os valores médios de proteína presentes no extrato que foi utilizado, para determinar a atividade enzimática, encontram-se no Quadro 3, e as equações e curvas de regressão estão representadas nas Figuras 10. Pode-se observar na Figura 10 que maiores teores de proteína corresponderam a maiores atividades de peroxidase (Figura 7) e polifenoloxidase (Figura 8). HUEI-WANG et alii (26) compararam os teores de proteína de 3 cultivares de mandioca verificando que maiores teores de proteína evidenciaram maiores possibilidades da presença de polifenoloxidase.

Os teores médios de fibra encontram-se no Quadro 3, as equações e curvas de regressão foram estatisticamente não significativas.

As percentagens de fibra das raízes da cultivar IAC-12829 neste estudo foram relativamente superiores aos encontrados por KATO (28), e pode ser devido a períodos de colheita diferentes.



QUADRO 3 - Valores médios de grau de deterioração fisiológica, umidade, fibra e proteína do extrato enzimático das raízes de 3 cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz) em 5 períodos pós colheita.

Constituintes	Cvs.	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Grau de DF (%)	Sonora	0,00 d	23,20 c	58,17 b	73,95 a	76,49 a
	Guaxupé	0,00 c	30,74 b	57,85 a	54,58 a	62,83 a
	IAC 12829	0,00 d	40,77 c	51,74 b	58,52 ab	78,05 a
Umidade (%)	Sonora	58,47 a	56,40 bed	57,25 abc	55,50 cd	55,15 d
	Guaxupé	61,00 ab	60,07 b	62,08 a	61,30 ab	62,79 a
	IAC 12829	55,13 a	55,00 a	53,63 a	53,97 a	53,41 a
Proteína (extra to) (mg/g)	Sonora	13,02 c	14,16 bc	24,09 a	26,55 a	14,33 bc
	Guaxupé	13,84 b	21,76 a	21,79 a	3,28 c	3,43 c
	IAC 12829	15,18 b	16,99 b	23,11 a	25,55 a	16,32 b
Fibra (%)	Sonora	2,29 b	3,30 a	3,38 a	3,53 a	3,27 a
	Guaxupé	2,40 b	2,60 ab	2,85 a	2,66 ab	2,40 b
	IAC 12829	3,00 b	2,63 c	3,30 ab	3,37 a	3,02 b

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

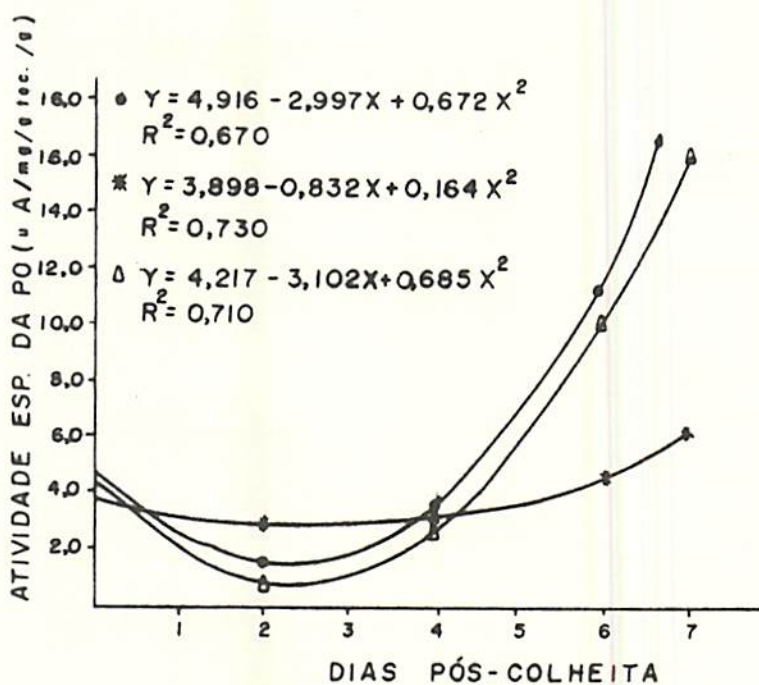


FIGURA 9 - Curvas de regressão entre atividade específica da PO e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $*$  - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

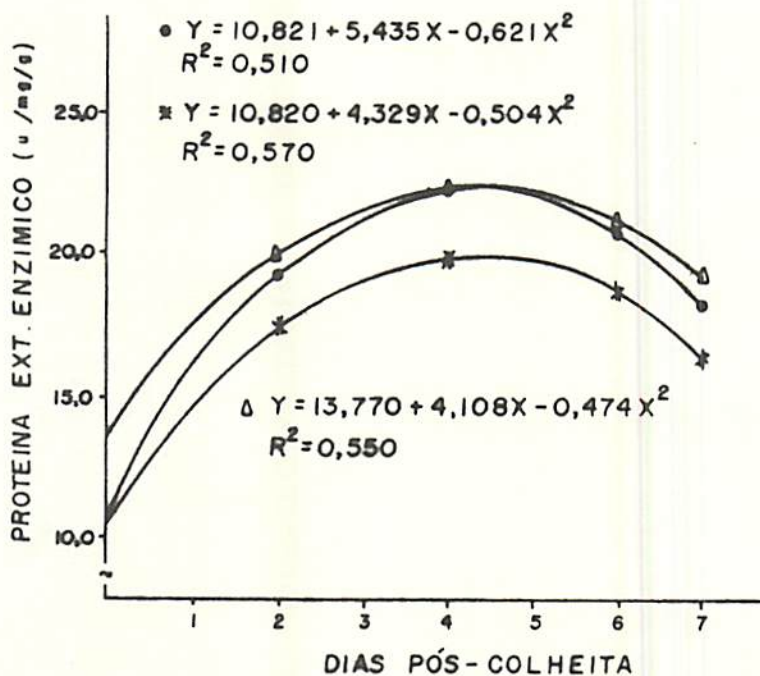


FIGURA 10 - Curvas de regressão entre teores de proteína do extrao enzimático e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $*$  - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

Com relação aos teores de amido, pode-se observar no Quadro 4 os valores médios iniciais de 36,94; 35,41; 37,64% para as cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829. Quanto a correlação entre os teores deste carboidrato e dias após a colheita observa-se não haver significância para a cultivar Guaxupé. Observa-se na Figura 11 que a cultivar Sonora apresentou aumento seguido de decréscimo à partir do 5º dia de armazenamento, enquanto que a cultivar IAC 12829 apresentou aumentos até o 7º dia de armazenamento após a colheita. HIROSE et alii (22) atribuem o aumento no teor de amido ao aumento de peso seco ou a evaporação do conteúdo de água das raízes durante o armazenamento. Neste estudo pode-se atribuir o aumento do conteúdo de amido, ao método utilizado através de hidrólise ácida, podendo ter havido detecção de outros carboidratos, uma vez que houve pouca variação no teor de umidade destas cultivares (Figura 2), ou podendo ter havido uma alteração no metabolismo amido-açúcares com acúmulo do primeiro composto. RAJA & ABRAHAM (50) verificaram que decréscimos do conteúdo de amido estão associados com alterações de amolecimento da textura e descoloração etc., podendo ser interpretado como resultado da podridão microbial. Entretanto, neste estudo, talvez possa ser atribuído o decréscimo de amido da cultivar Sonora a partir do sexto dia de armazenamento a hidrólise deste pela ação de enzimas resultando em aumento de açúcares não redutores como pode ser verificado através da Figura 13. MAINI & BALACOPAL (32) também observaram haver conversão do amido para açúcares. RAJA et alii (51) observaram em raízes deterioradas que houve uma redução de 21,7% do valor original de 81,5% do conteúdo de amido e atribui esta redução



QUADRO 4 - Valores médios dos teores de amido e açúcares das raízes de 3 cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz), em 5 períodos pós colheita.

Constituintes	Cvs.	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Amido (%)	Sonora	36,94 b	35,75 d	36,35 c	38,07 a	34,80 e
	Guaxupé	35,41 b	34,71 c	36,53 a	35,15 b	34,81 c
	IAC 12829	37,64 c	35,92 e	42,01 a	37,04 d	41,55 b
Açúcares redutores (%)	Sonora	0,36 d	0,62 c	1,31 a	1,43 a	1,14 b
	Guaxupé	0,32 e	0,59 d	1,04 b	0,77 c	1,39 a
	IAC 12829	0,34 d	0,45 d	0,90 c	1,10 b	1,41 a
Açúcares não redutores (%)	Sonora	1,04 b	1,57 a	0,95 b	0,87 b	1,12 b
	Guaxupé	0,87 b	1,56 a	1,03 b	1,51 a	0,57 c
	IAC 12829	1,13 ab	1,34 a	1,02 b	1,20 ab	0,58 c
Açúcares totais (%)	Sonora	1,40 c	2,20 b	2,25 ba	2,29 a	2,26 ba
	Guaxupé	1,19 c	2,15 b	2,07 b	2,28 a	1,96 c
	IAC 12829	1,46 c	1,79 c	1,92 b	2,30 a	1,99 b

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

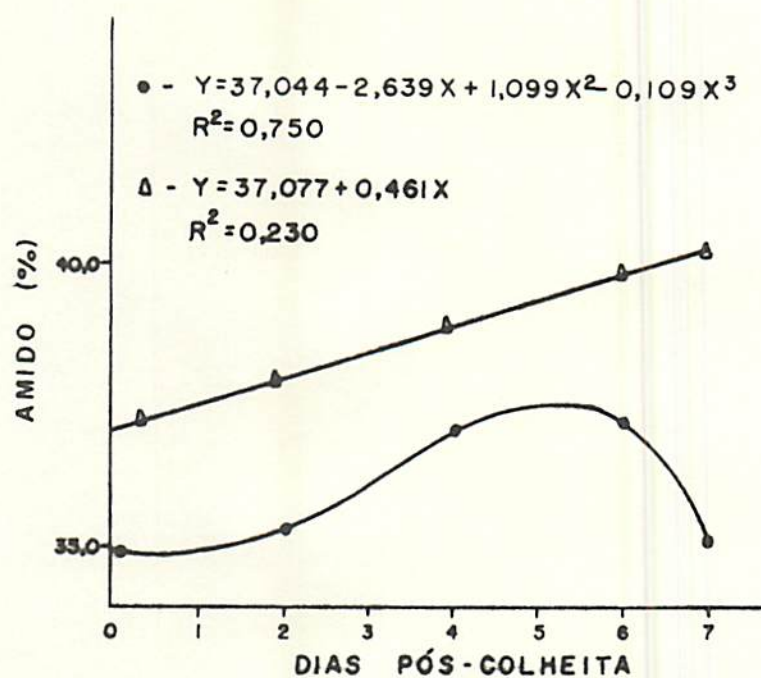


FIGURA 11 - Curvas de regressão entre teores de amido e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora;  $\Delta$  - IAC 12829; Guaxupé - N.S.

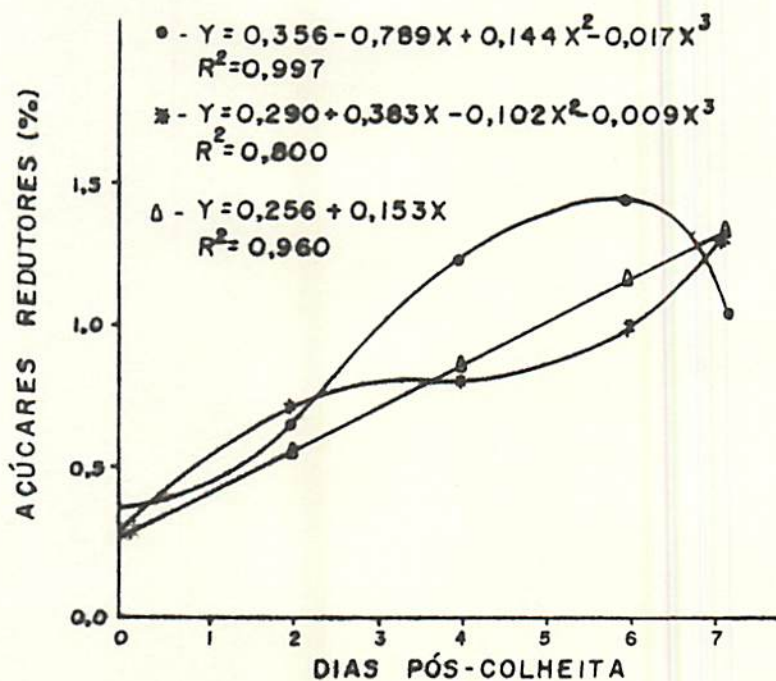


FIGURA 12 - Curvas de regressão entre teores de açúcares redutores e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  $\bullet$  - Sonora; \* - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

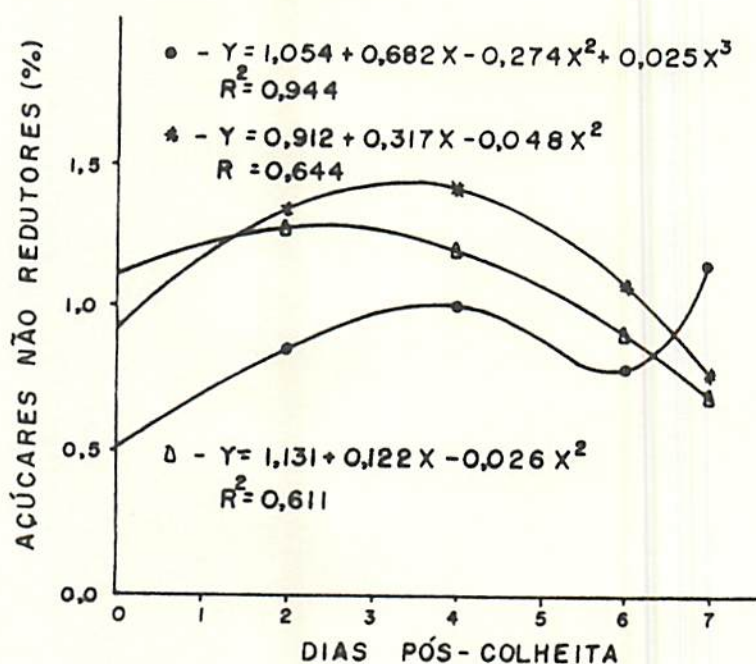


FIGURA 13 - Curvas de regressão entre teores de açúcares não redutores e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987.  
• - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829.

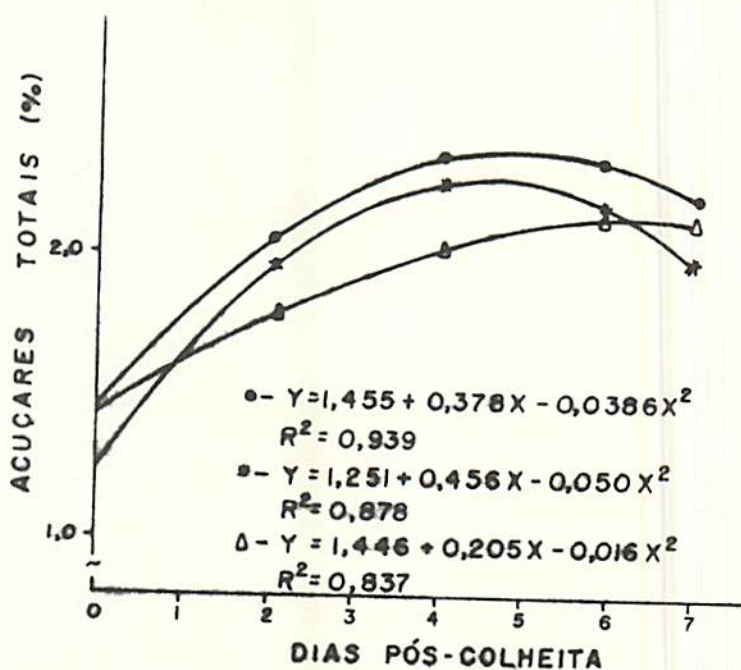


FIGURA 14 - Curvas de regressão entre teores de açúcares totais e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé; Δ IAC 12829.

ao ataque microbial.

Os teores médios de açúcares redutores, não redutores e totais encontram-se no Quadro 4. As equações e curvas de regressão, estão representadas nas Figuras 12, 13 e 14. Pode-se verificar que as cultivares Guaxupé e IAC 12829 apresentam decréscimos respectivos nos teores de açúcares não redutores de 0,87% (0 dia) para 0,57% (7 dias) e de 1,13% (0 dia) para 0,58% (7 dias) indicando com isto que houve um processo de inversão da sacarose. Na Figura 12 verifica-se que os aumentos nos teores de açúcares redutores foram de 0,32 (0 dia) para 1,39% (7 dias) para a cultivar Guaxupé e de 0,30% (0 dia) para 1,41% (7 dias) para a cultivar IAC 12829. Já a cultivar Sonora apresentou acréscimos de 0,53% nos teores de açúcares não redutores até o 2º dia de armazenamento e de 0,25% a partir do 6º dia e como foi mencionado anteriormente este aumento pode ter sido devido a hidrólise do amido por ação de enzimas. Observa-se também que esta cultivar teve seus teores de açúcares redutores reduzidos a partir do 6º dia, podendo este decréscimo ser atribuído ao ataque microbial.

Os valores médios referentes a porcentagem de ácido ascórbico em relação a vitamina C total, ácido dehidroascórbico e ácido ascórbico estão contidos no Quadro 5. As equações e curvas de regressão estão representadas nas Figuras 15, 16, 17 e 18.

Quanto a porcentagem de ácido ascórbico em relação a vitamina C total verifica-se que a cultivar Guaxupé apresentou maior teor inicial seguida pelas cultivares IAC 12829 e Sonora, sendo 80,86; 78,42 e 68,30% respectivamente.



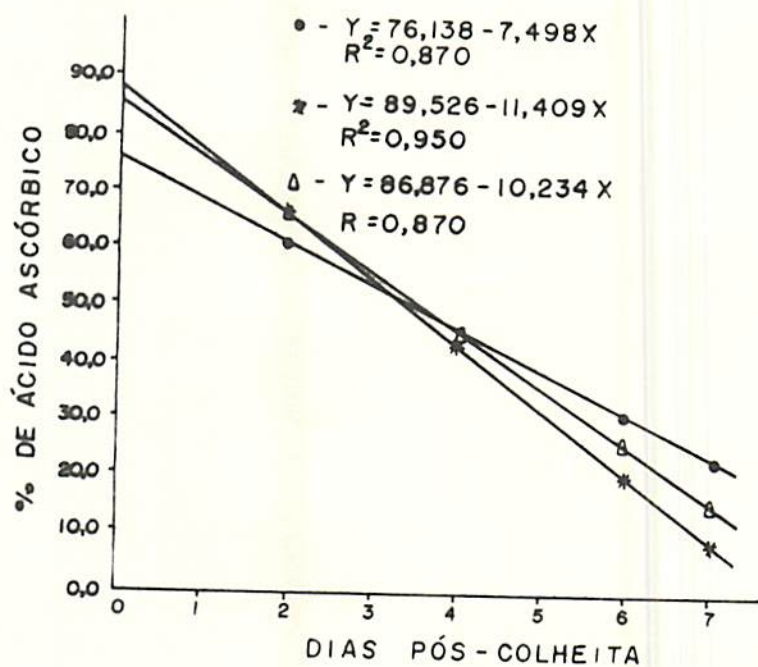


FIGURA 15 - Curvas de regressão entre porcentagem de ácido ascórbico e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

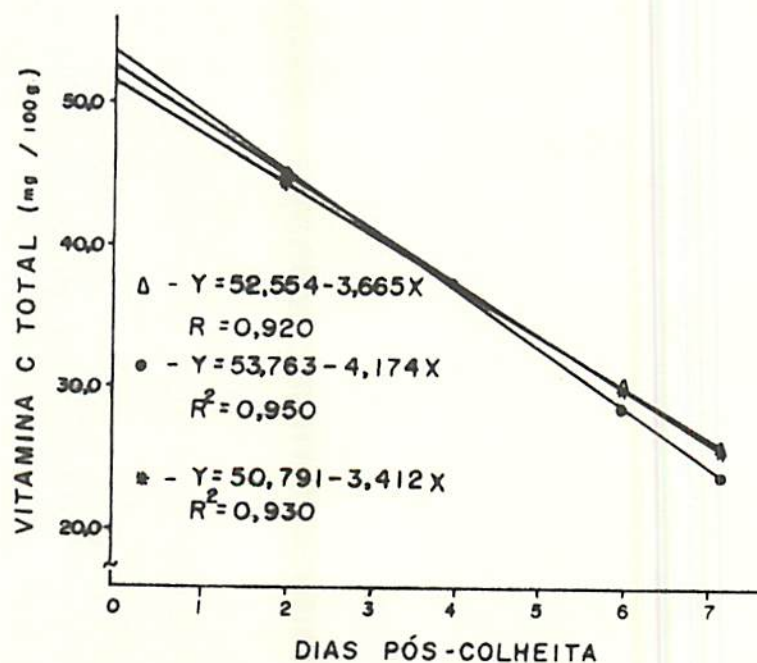


FIGURA 16 - Curvas de regressão entre teores de vitamina C total e dias pós colheita das raízes de mandioca (Manihot esculenta, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. • - Sonora; \* - Guaxupé;  $\Delta$  - IAC 12829.

Pode-se verificar através da Figura 15, onde estão representadas as equações e curvas de regressão para porcentagem de ácido ascórbico, que a maior oxidação foi da cultivar Guaxupé, seguida pelas cultivares IAC 12829 e Sonora, que apresentaram decréscimos de 78,17%; 77,59% e 42,34%.

Com relação a valores iniciais de ácido ascórbico verifica-se no Quadro 5 que foram de 40,04; 38,96 e 35,72 mg/100 g para as cultivares Guaxupé, IAC 12829 e Sonora e os valores finais de 0,72; 0,27 e 7,40 mg/100 g. Verifica-se nas Figuras 17 e 18 onde estão representadas as equações e curvas de regressão para ácido dehidroascórbico e ácido ascórbico que os maiores valores de ácido dehidroascórbico são da cultivar Guaxupé, indicando maior oxidação do ácido ascórbico para esta cultivar, seguida pela IAC 12829, sendo que a cultivar Sonora apresentou equação e curva de regressão estatisticamente não significativas.

Observa-se através da Figura 16, as equações e curvas de regressão para os teores de vitamina C total, onde a cultivar Sonora apresentou maiores teores iniciais e perda final maior de vitamina C total.

Segundo os autores OGUNSUA & ADEDEJI (42) houve uma retenção de 25-30% no valor original do ácido ascórbico, após 5 dias de armazenamento, das raízes de mandioca, e em refrigeração foi de 50% em 5 dias e 20% do valor original após 8 dias.

Neste estudo verifica-se que a retenção de ácido ascórbico nas raízes após 7 dias de armazenamento foram 20,72%, 1,80% e 3,26% para as cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829.

QUADRO 5 - Valores médios de ácido dehidroascórbico, ácido ascórbico, % de ácido ascórbico e vitamina C total das raízes de 3 cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz), em 5 períodos pós colheita.

Constituintes	Cvs.	Dias de armazenamento				
		0	2	4	6	7
Ácido dehidroascórbico (mg/100g)	Sonora	16,60 c	13,53 d	17,75 b	18,83 a	19,33 a
	Guaxupé	7,94 e	11,18 d	20,71 c	22,17 b	25,79 a
	IAC 12829	10,64 d	12,81 c	18,83 b	18,42 b	27,33 a
Ácido ascórbico (mg/100g)	Sonora	35,72 a	35,18 a	18,05 b	7,04 d	7,40 c
	Guaxupé	40,04 a	35,00 b	19,84 c	6,55 d	0,72 e
	IAC 12829	38,96 a	37,52 a	17,75 b	11,24 c	0,27 d
% de ácido ascórbico	Sonora	68,30 a	71,43 a	50,25 b	22,28 c	25,96 c
	Guaxupé	80,86 a	75,35 a	49,11 b	22,85 c	2,69 d
	IAC 12829	78,42 a	74,15 a	48,64 b	37,90 b	0,83 c
Vitamina C Total (mg/100g)	Sonora	52,31 a	48,70 b	35,93 c	25,87 d	26,70 d
	Guaxupé	47,98 a	46,18 b	40,55 c	28,72 d	25,70 e
	IAC 12829	49,60 a	50,33 a	36,58 b	29,66 c	26,97 d

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

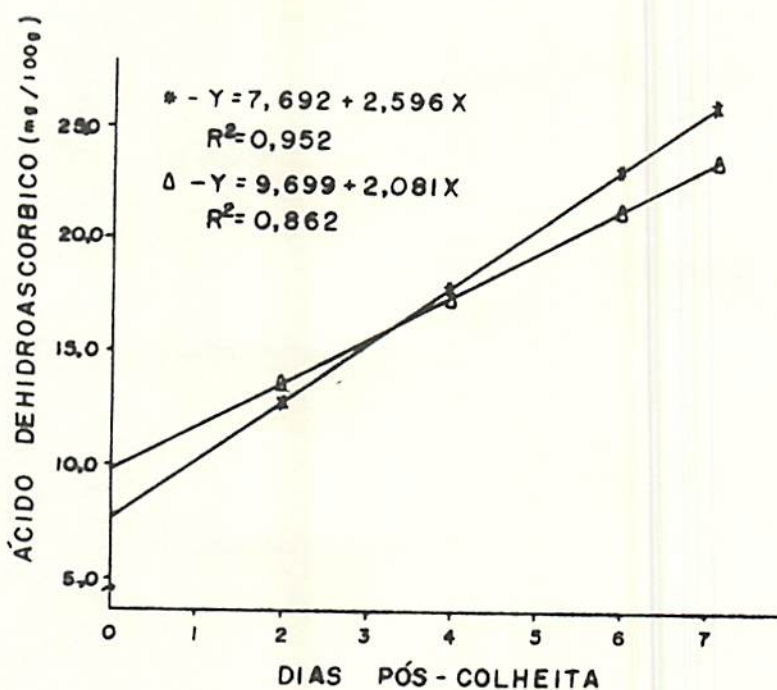


FIGURA 17 - Curvas de regressão entre teores de ácido dehidroascórbico e dias pós colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829; Sonora - N.S.

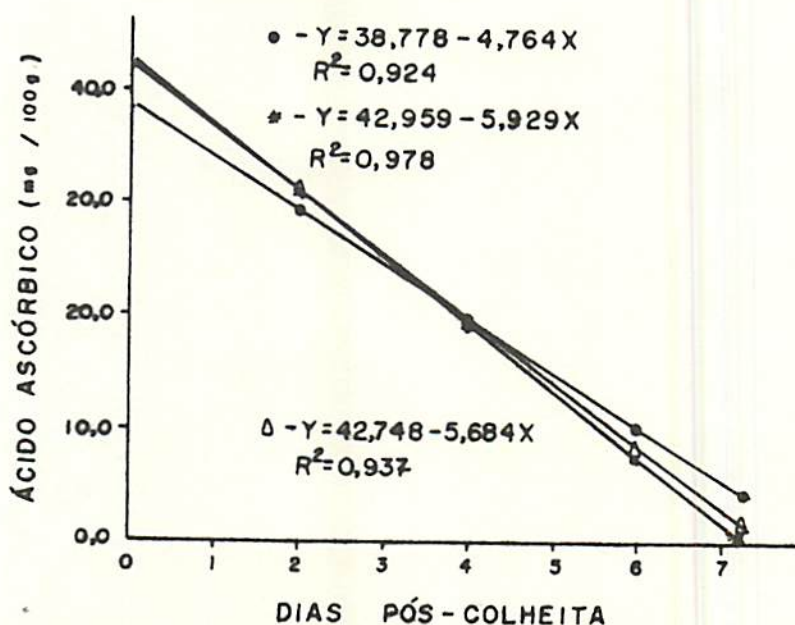


FIGURA 18 - Curvas de regressão entre teores de ácido ascórbico e dias pós colheita das raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). ESAL, Lavras-MG. 1987. ● - Sonora; \* - Guaxupé; Δ - IAC 12829.



De acordo com os autores VAN LELYVELD & DE BRUYN (74) o ácido ascórbico reduz as quinonas produzidas pela oxidação enzimática, convertendo-se em ácido dehidroascórbico, atuando também como inibidor da atividade da polifenoloxidase. E enquanto são mantidos os níveis da forma não oxidada no tecido, o escurecimento é prevenido.

Pelo exposto verifica-se que o maior teor inicial de ácido ascórbico, juntamente com o maior teor de umidade das raízes, propiciaram menor atividade enzimática e conseqüentemente menor DF para a cultivar Guaxupé. Porém observa-se que esta cultivar apresentou uma baixa retenção final de ácido ascórbico quando comparada com a Sonora que apresentou maior escurecimento (DF), associado com a alta atividade enzimática.

Já a cultivar IAC 12829 com baixa retenção de ácido ascórbico também apresentou alto grau de escurecimento final, que pode ser explicado ao verificarmos que esta apresentou o menor teor de umidade, maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase e maiores teores de fenólicos após a colheita (0 dia).

Estes resultados demonstraram não haver uma relação entre a maior porcentagem de retenção de ácido ascórbico com a baixa susceptibilidade à deterioração fisiológica. Outros fatores tais como umidade, atividade enzimática e teores de fenólicos podem ter sido responsáveis pelo escurecimento.

Cabe ressaltar que os teores de ácido ascórbico das raízes de mandioca foram equivalentes ou superiores a algumas fontes tradicionais desta vitamina, tais como: frutas cítricas 43 mg/100

g, melão 33 mg/100 g, framboesa fresca 24 mg/100 g e pimentão ver  
de cru 32 mg/100 g, MITCHELL et alii (36).



## 5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho conclui-se que:

1. A cultivar Guaxupé apresentou uma DF com menor grau de escurecimento e as cultivares Sonora e IAC 12829 com um maior grau de escurecimento.

2. As raízes das cultivares Sonora e IAC 12829 (mais susceptíveis a DF) apresentaram maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase, altos teores de fenólicos, menores teores de umidade e níveis iniciais de ácido ascórbico menores que das raízes da cultivar Guaxupé (mais resistente a DF).

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

- aumentos no grau de DF, na atividade da enzima peroxidase, nos teores de ácido dehidroascórbico para as três cultivares e açúcares redutores das cultivares IAC 12829 e Guaxupé.

- aumentos seguidos de decréscimos no final do período de armazenamento nas atividades de polifenoloxidase, nas atvida-

des específicas da peroxidase, nas formas de fenólicos extraíveis em metanol 50%, metanol e água, fenólicos totais, amido e açúcares redutores para a cultivar Sonora, nos fenólicos totais e açúcares não redutores da cultivar IAC 12829 e açúcares não redutores da cultivar Guaxupé com acréscimos a partir do sexto dia de armazenamento para a Sonora.

- decréscimos nos teores de fenólicos totais para a cultivar Guaxupé e extraíveis em metanol para as cultivares IAC 12829 e Guaxupé, e nos teores de vitamina C total e ácido ascórbico para as três cultivares.

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

## 6. RESUMO

No presente trabalho foi verificado o efeito do tempo de armazenamento e das diferenças varietais no grau de deterioração fisiológica e nos constituintes físico-químicos e químicos das raízes das cultivares Sonora, Guaxupé e IAC 12829 durante o período de armazenamento pós colheita.

As raízes foram colhidas no recinto da Escola Superior de Agricultura de Lavras - Lavras-MG, Brasil, aos 18 meses de idade e armazenadas por 7 dias. As avaliações foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 7 dias de armazenamento após a colheita.

Foi observado que as cultivares apresentaram diferenças quanto ao grau de deterioração fisiológica, sendo que a Guaxupé apresentou uma DF com menor grau de escurecimento e a Sonora e IAC 12829 com maior grau de escurecimento. As raízes das cultivares Sonora e IAC 12829 apresentaram maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase, altos teores de fenólicos, menores teores de umidade e níveis iniciais de ácido ascórbico que das raízes da cultivar Guaxupé. Os teores de fenólicos totais para a cultivar Guaxupé, as formas de fenólicos extraíveis em metanol para

as cultivares IAC 12829 e Guaxupé; teores de vitamina C total e ácido ascórbico decresceram significativamente com o armazenamento. As atividades de polifenoloxidase, atividades específicas da peroxidase, formas de fenólicos extraíveis em metanol 50%, metanol e água, amido e açúcares redutores para a cultivar Sonora; fenóli - cos totais e açúcares não redutores da cultivar IAC 12829; teores de açúcares não redutores da cultivar Guaxupé apresentaram aumentos seguidos de decréscimos no final do período de armazenamento. Observou-se aumentos no grau de DF, atividade de peroxidase, nos teores de ácido dehidroascórbico para as três cultivares e teores de açúcares redutores das cultivares IAC 12829 e Guaxupé.

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

## 7. SUMMARY

CHANGES ON THE RATIO OF PHYSIOLOGICAL DETERIORATION AND CHEMICAL COMPOSITION IN THE ROOTS OF THREE CASSAVA CULTIVARS (Manihot esculenta Crantz.) DURING THE POST-HARVEST PERIOD.

In the present study it was verified the effect of time of storage and varietal differences on the ratio of physiological deterioration and on the physicochemical and chemical constituents of the roots of cultivars 'Sonora', 'Guaxupé' and 'IAC 12829' during the period of post-harvest storage.

Roots were harvested at Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras-MG, Brazil, with 18 months old and stored for 7 days. Evaluations were made at 0, 2, 4, 6 and 7 days of storage after harvest.

It was verified that the cultivars showed differences in the ratio of physiological deterioration (PD), with cv. 'Guaxupé' presenting PD with lower degree of darkning and cvs. 'Sonora' and 'IAC 12829' with higher degree of darkning. The roots of culti -

vars 'Sonora' and 'IAC 12829' showed higher activities of peroxidase and poliphenoloxidase, higher amounts of phenols, lower moisture and starting levels of ascorbic acid than those in the roots of cv. 'Guaxupé'. Quantities of total phenols for cv. 'Guaxupé', the kinds of phenols extracted with methanol for cvs. 'IAC 12829' and 'Guaxupé'; amounts of total vitamin C and ascorbic acid decreased significantly with time of storage. Poliphenoloxidase activities, specific activities of peroxidase, kinds of phenols extracted with methanol 50%, methanol and water, starch and reducing sugars for cv. 'Sonora'; total phenols and non-reducing sugars for amounts of non-reducing sugars for cv. 'Guaxupé' showed increases followed by reductions at the end of the storage period.

There were observed increases in the ratio of physiological deterioration, peroxidase activity and amount of dehydroascorbic acid for all three cultivars. However, for the amount of reducing sugars increases were observed only for cvs. 'IAC 12829' and 'Guaxupé'.

Activity values as well as changes during storage for peroxidase enzyme were higher than for poliphenoloxidase enzyme.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAHÃO, J.T.M. Conservação de raízes de mandioca. Piracicaba, ESALQ, 1977. 9p.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AND AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 10.ed. Washington, 1965. p.744-5.
4. BALAGOPAN, C. & PADMAJA, G. Storage of tuber crops. Indian Farming, New Delhi, 33(12):51-3, 71, Mar. 1984.
5. BOOTH, R.H. Storage of fresh cassava (Manihot esculenta). I. Post-harvest deterioration and its control. Experimental Agriculture, Cambridge, 12(2):103-11, Apr. 1976.
6. \_\_\_\_\_; BUCLE, T.S.; CARDENAS, O.S.; GOMEZ, C. & HERVAS, E. Changes in quality of cassava roots during storage. Journal Food Technology, Oxford, 11(3):245-63, June 1976.

7. CARDOSO, C.O.N. & CARRAWAY, M.O. Produção de fenóis e fitolexinas em hipocótilos de feijoeiro inoculados com Fusarium solani e phaseoli (Burk) Snyd & Hans. Summa Phytopatologica, Piracicaba, 1(2):92-104, maio 1975.
8. 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. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 4(2):89-96, dez. 1985.
9. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & 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). Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 1(1):15-23, 1982.
10. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Armazenamento pós-colheita de mandioca. II. Efeito das alterações no grau de deterioração fisiológica e na composição físico-química e química de seis cultivares de mandioca. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 1(1):25-34, 1982.
11. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & JUSTE-JÚNIOR, E.S.C. Métodos de armazenamento na conservação de raízes de mandioca. I. Efeito da embalagem de polietileno e serragem úmida associadas a tratamentos químicos nas deteriorações pós-colheita e qualidade das raízes, Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 4(1):79-85, jun. 1985.

12. CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; & JUSTE-JÚNIOR, E.S.C. Métodos de armazenamento na conservação de raízes de mandioca. II. Efeito da embalagem de polietileno e serragem úmida associadas a tratamentos químicos nos teores de umidade, amido e açúcares das raízes. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 2(3):105-13, 1985.
13. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Manejo de la yuca después de la cosecha. Yuca Boletim Informativo, Cali, 8(2):1-15, nov. 1984.
14. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Almacenamiento de raíces frescas de yuca; guia de estudio. Cali, 1983. 35p. (Série, 04SE-07,05).
15. COCK, J.H. New developments in post-harvest technology. In: \_\_\_\_\_. Cassava; new potential for a neglected crop. Boulder, Westview Press, 1985. cap.5, p.115-25.
16. CZYHRINCIW, N. & JAFFÉ, W. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tuberculos. Archivos Venezolanos de Nutricion, Formely, 2(1):49-67, 1951.
17. DATA, E.S.; URITANI, I.; TANIGUCHI, T. & HIROSE, S. Preliminary studies on the physiology, pathology and bio-chemistry of post-harvest deterioration of cassava and sweet potato. The Radix, Bondi Junction, 3(2):9-10, 1981.
18. FERHMANN, H. & DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytopora resistance in different organs of the potato plant. Phytopathology, Lancaster, 57:69-72, 1967.

19. FERREIRA, M.E. Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Lavras, ESAL, 1968. 101p. (Tese MS).
20. FIGUEIREDO, I.B.; VITTI, P. & PEREIRA, A.S. Comportamento de substâncias nitrogenadas e caroteno em duas variedades de mandioca. Boletim do ITAL, Campinas, 51:145-64, maio/jun. 1977.
21. HERNANDEZ, E.S.M. & CUILLEN, J.C. Composicion quimica de seis variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz) en distinta etapas de desarrollo. Agricultura Tecnica en Mexico, Mexico, 10(1) jun. 1984.
22. HIROSE, S. Physiological studies on post-harvest deterioration of cassava roots. JARQ, Tokyo, 19(4):241-52, Mar. 1986.
23. \_\_\_\_\_; DATA, E.S. & QUEVEDO, M.A. Changes in respiration and ethylene production in cassava roots in relation to post-harvest deterioration. (Cambios en la respiración y en la produccion de etileno en raíces de yuca en relación con el deterioro pos cosecha). In: URITANI, I. & REYES, E. D., eds. Tropical root crops: post-harvest physiology and processing. Tokyo, Japan Scientific Societies, 1984. p. 83-98.
24. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & URITANI, I. Relation between respiration and post-harvest deterioration in cassava roots. Japanese Journal Crop Science, Tokyo, 53(2):187-96, 1984.

25. HIROSE, S.; DATA, E.S.; TANAKA, Y. & URITANI, J. Physiological deterioration and ethylene production in cassava roots after harvest in relation with pruning treatments. Japanese Journal of Crop Science, Tokyo, 53(3):282-9, 1984.
26. HUEI-WANG, S.; CARVALHO, V.D. & CHALFOUN, S.M. Armazenamento pós-colheita de mandioca. V. Influência da polifenoloxidação na deterioração fisiológica. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 2(1):17-20, 1983.
27. INGRHAM, J.S. & HUMPHRIES, I.R.O. Cassava storage - a review. Tropical Science, London, 14(2):131-48, 1977.
28. KATO, M.S.A. Efeito da poda e da época de colheita na produtividade, conservação e qualidade de raízes de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Lavras, ESAL, 1987. 107p. (Tese MS).
29. KAWABATA, A.; SAWAYAMA, S.; ROSARIO, R.R. & NOEL, M.G. Effect of storage and heat treatment on the sugar constituents of tropical root crops. In: URITANI, T. & REYS, E. D., eds. Tropical root crops: post-harvest physiology and processing. Tokyo, Japan Scientific Societies, 1984. p. 243-58.
30. LAYNE, E. Spectrophotometric and turbidimetric methods of measuring proteins. In: COLOWICK, S.P. & KAPLAN, N.O., eds. Methods in enzymology. New York, Academic Press, 1957. v.3 p.447-54.

31. LOZANO, J.C.; COCK, J.H. & CASTAÑO, J. New development in cassava storage. In: CASSAVA PROTECTION WORKSHOP, Cali, 1978. Proceedings... Cali, CIAT, 1978. p.135-41. (Series CE-14).
32. MAINI, S.B. & BALAGOPAL, C. Biochemical changes during post-harvest deterioration of cassava. Journal Root Crops, Trivandrum, 4(1):31-3, 1978.
33. MARRIOTT, J.; BEEN, B.O. & PERKINS, C. The aetiology vascular streaking in cassava roots after harvest: association with water loss from wounds. Physiology Plant, Rockville, 44:38-42, 1978.
34. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. The aetiology of vascular discoloration of cassava roots after harvesting: development of endogenous resistance in stored roots. Physiology Plant, Rockville, 45:51-56, 1975.
35. \_\_\_\_\_; PLUMBLEY, R.A. & RICKARD, J.E. Physiological aspects of the storage of cassava and other tropical root crops. In: HURD, R.G. et alii, eds. Opportunities for increasing crop yields. London, Pitman Publishing, 1980. p. 363-75.
36. 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.92-112.
37. MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. Tropical Science, London, 15(1):39-46, 1973.



38. MUELLER, W.C. & BECKMAN, C.H. Ultrastructure of the phenol storing cells in the roots of banana. Physiological Plant Pathology, 4:187-90, 1974.
39. NELSON, N.A. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 153:375-80, 1944.
40. NOON, R.A. & BOOTH, R.H. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. Transactions British Mycological Society, London, 69(2):287-90, Oct. 1977.
41. OBIGBESAN, G.O. & MATULUKU, E.O. Effect of potassium and bacterial blight on the yield and chemical composition of cassava cultivars. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOTS CROPS, 4, Cali, Colombia, 1976. Proceedings... Ottawa, International Development Research Center, 1977. p.185-8.
42. OGUNSUA, A.O. & ADEDEJI, G.T. Effect of processing on ascorbic acid in different varieties of cassava (Manihot esculenta Crantz). Journal Food Technology, Oxford, 14: 69-74, 1979.
43. PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C. & POTTY, V.P. Cellulolytic, amylolytic and pectinolytic enzyme activities of deteriorating cassava roots. Journal of Root Crops. Trivandium, 8(212): 35-40, 1982.
44. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Polifenoles yel deterioro fisiologico en yuca. Yuca; Boletim Informativo, Cali, (10): 5, mar. 1982.

45. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 10.ed. Piracicaba, USP, 1982. 430p.
46. PLUMBLEY, R.A. & HUGHES, P.A. DEAE-Cellulose separation of peroxidases from cassava (Manihot esculenta Crantz) root tissue. Journal of Food Bio-chemistry, London, 6:197-206, 1982.
47. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & MARRIOTT, J. Studies on peroxidase and vascular discoloration in cassava root tissue. Journal Science Food Agricultural, London, 32(7):723-31, 1981.
48. PONTING, J.D. & JOSLYN, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. Archives of Biochemistry, New York, 19:47-63, 1948.
49. PORTELA, F. Determinação de qualidades culinárias de variedades de batatinha pela análise sensorial e atividade da polifenoloxidase. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(8):1221-5, 1982.
50. RAJA, K.C.M. & ABRAHAM, E. Post-harvest storage of cassava tubers under modified environmental conditions. Journal of Root Crops, Trivandium, 4(1):1-6, 1978.
51. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; NATHAN, H.S. & MATHEW, A.G. Chemistry and technology of cassava. Indian Food Packer, New Delhi, 33(3):33-43, 1979.
52. REDUCEN el deterioro pos cosecha de la yuca. CIAT International, Cali, 32:723-31, 1981.



53. REIGH, D.L.; WENDER, S.H. & SMITH, E.C. Phenolic inhibition of isoperoxidase A-3 catalysed scopoletin oxidation. Ta - bacco Science, 18:100-2, 1974.
54. RICHARDSON, T. Enzymes. In: FENNEMA, D.R. Principles of food science; food chemistry. New York, Marcel Dekker, 1976. v.4, pt.1, cap.6, p.285-345.
55. RICKARD, J.E. Biochemical changes involved in the post-harvest deterioration of cassava roots. Tropical Science, London, 23(3):235-7, 1981.
56. \_\_\_\_\_. Investigation into post-harvest behaviour of cassava roots and their response to wounding. London, University of London, 1982. 161p. (Tese Doutorado).
57. \_\_\_\_\_. Physiological deterioration of cassava roots. Journal Science Food Agricultural, London, 36(3):167-36, Mar. 1985.
58. \_\_\_\_\_ & COURSEY, D.C. Cassava storage: I. Storage of fresh cassava roots. Tropical Science, London, 23(1):1-32, 1981.
59. \_\_\_\_\_ & GAHAN, P.B. The development of occlusions in cassava (Manihot esculenta, Crantz) root xylem vessels. Annals of Botany, Colchester, 52(6):811-21, Dec. 1983.
60. \_\_\_\_\_; MARRIOTT, J. & GAHAN, P.B. Occlusions in cassava xylem vessels associated with vascular discoloration. Annals of Botany, Colchester, 43(4):523-6, 1979.

61. ROMEROT, R. & MOSCOSOS, W. Pérdidas post cosecha en yuca. Republica Dominicana, Centro de Investigações Economicas y Alimenticias, 1979. 70p.
62. SANCHEZ, P.A. El ambiente tropical. In: \_\_\_\_\_. Suelos del trópico; características y manejo. San José, IICA, 1981. cap.1, p.1-53.
63. SIVAN, P. Post-harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fiji and storage of roots in moist sawdust. Fiji Agricultural Journal, Suva, 41(2):95-102, 1979.
64. STROHECKER, R. & HENNING, H.M. Analisis de vitaminas, métodos comprobados. Madrid, Paz Montavalvo, 1967, 428p.
65. SWAIN, T. & HILLIS, W.C. The phenolic constituents of Prunus domestica. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, 10:63-8, Jan. 1959.
66. TANAKA, Y.; DATA, HIROSE, S.; TANIGUCHI, T. & URITANI, I.; GORGONIO, M.; HIROSE, S. & URITANI, I. Effect of pruning treatment on physiological deterioration in cassava roots. Agricultural Biological Chemistry, Tokyo, 48(3):739-43, Mar. 1984.
67. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Biochemical changes in secondary metabolites in wounded and deteriorated cassava roots. Agricultural Biological Chemistry, Tokyo, 47(4):693-700, Apr. 1983.



68. TANIGUCHI, T. & DATA, E.S. The role of microorganisms in post-harvest deterioration of cassava roots. In: URITANI, I. & REYES, E.D., eds. Bio-resources investigation on production, processing and vegetation of root crops in the tropics - 1981; interim report. Nogoya, Nogoya Univ. Coop. 1982. p.22-31.
69. \_\_\_\_\_; HIROSE, S. & DATA, E.S. Types of post-harvest deterioration of cassava roots. In: URITANI, J. & REYES, E.D. eds. Tropical root crops: post-harvest physiology and processing. Tokyo, Japan Scientific Societies Press, 1984. p.79-81.
70. TERNES, M.; MONDARDO, E. & VIZZOTTO, V.I. Variação do teor de amido na cultura de mandioca em Santa Catarina. Florianópolis, EMPASC, 1978. p.1-22.
71. URITANI, I. & ASAHI, T. Respiration and related metabolic activity in wounded and infected tissues. In: DAVIES, D. D., ed. The biochemistry of plants; metabolism and respiration. New York, Academic Press, 1980. v.2., p.463-85.
72. \_\_\_\_\_; DATA, E.S. & TANAKA, Y. Biochemistry of post-harvest deterioration of cassava and sweet potato roots. In: URITANI, I. & REYES, E.D.; eds. Bio-resources investigation on production, processing and vegetation of root crops in the tropics - 1981; interim report. Nogoya, No - goya Univ.Coop., 1982. p.33-44.

73. URITANI, I.; DATA, E.S.; VILLEGAS, R.J. & FLORES, P. Changes in secondary metabolism in cassava roots in relation to physiological deterioration. In: URITANI, I. & REYES, E.D. eds. Tropical root crops: post-harvest physiology and processing. Tokyo, Japan Scientific Societies, 1984. p.109-18.
74. VAN LELYVELD, L.J. & DE BRUYN, J.A. Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme activities associated with black heart in Cayene pineapple fruit. *Agrochemophysica*, South Africa, 9(1):1-6, Mar. 1977.
75. VAN DE KAMER, J.B. & VAN GINKEL, L. Rapid determination of crude fiber in cereals. Cereal Chemistry, Saint Paul, 29(4):239-51, July 1952.
76. VARGAS, M.R. Algunos cambios quimicos em raíces de yuca. (Manihot esculenta Crantz) durante el almacenamiento en pe los de paja y tierra. Palmira, Universidade Nacional da Colombia, Faculdade de Ciências Agropecuárias de Palmira, 1976. 46p. (Tese BS).
77. WENDER, S.H. Effects of some enviromental stress factors on certain phenolic compounds in tobacco. Recent Advances in Phytochemistry, New York, 3,1-29, 1970.
78. WHEATLEY, C. Studies on cassava (Manihot esculenta Crantz) root post-harvest physiological deterioration. London, University of London, 1982. 246. (Tese Doutorado).



79. WHEATLEY, C. Studies related with the nature post-harvest physiological deterioration in cassava roots. Cali, CIAT, 1980. 18p. (Série, SE-16/80. Seminários Internos).
80. \_\_\_\_\_ & GOMÉZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition, Netherlands, 35:121-9, 1985.
81. \_\_\_\_\_; LOZANO & GOMÉZ, G. Deterioration post cosecha y almacenamiento de raíces de yuca. In: DOMINGUEZ, C.F., Comp. Yucas; investigacion, producción y utilización. Cali, CIAT, 1982. p.493-512.
82. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; MARRIOTT, J. & SCHWABE, W.W. Pre-harvest environmental effects on cassava root susceptibility to post-harvest physiological deterioration. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 4, Cali, 1976. Proceedings... Ottawa, IDRC, 1977. p.419-25.
83. \_\_\_\_\_ & SCHWABE; W.W. Scopoletin involvement in post-harvest physiological deterioration of cassava root (Manihot esculenta Crantz). Journal of Experimental Botany, 36(166):783-91, May 1985.

A P Ê N D I C E

Resumo das análises de variância referentes aos teores em mg/100 g de fenólicos totais, extraíveis em metanol, metanol 50% e em água das raízes de 3 cultivares de mandioca analisadas aos 0, 2, 4, 6, 7 dias de armazenamento pós colheita, ESAL, Lavras, MG, 1987.

Causas da variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Constituintes			
		Fenólicos totais	Ext. Metanol	Ext. Metanol 50%	Ext. em água
Cultivar (c)	2	1320,230**	146,244**	318,447**	51,473**
Dias de armazenamento(DA)	4	1690,054**	363,742**	480,629**	88,317**
c x DA	8	389,836**	64,110**	1428,752**	72,441**
Erro	45	28,574	0,348	0,362	9,464
C.V. (%)		5,08	1,68	1,49	10,44

\*\* - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Resumo das análises de variância referentes as atividades de polifenoloxidase (uA/h), atividade específica da polifenoloxidase (uA/mg/g de tecido/h), atividade da peroxidase (uA / min) e atividade específica da peroxidase (uA/mg/g de tecido/min) das raízes de 3 cultivares de mandioca analisadas aos 0, 2, 4, 6, 7 dias de armazenamento pós colheita, ESAL, Lavras, MG. 1987.

Causas da variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Constituintes			
		Ativ. PFO	Ativ.esp.PFO	Ativ. PO	Ativ.esp. PFO
Cultivar (c)		3,217 NS	64,823**	23147,652**	0,059**
Dias de armazenamento (DA)		69,045**	367,853**	73964,094**	0,006 NS
c x DA		3,368**	49,174**	11785,299**	0,004 NS
Erro		1,092	0,906	28,336	0,010
C.V. (%)		11,68	15,33	5,08	19,49

\* - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*\* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Resumo das análises de variância referentes as porcentagens de umidade, deterioração fisiológica e fibra e proteína do extrato (u/mg/g) de 3 cultivares de mandioca analisadas aos 0, 2, 4, 6, 7 dias de armazenamento pós colheita, ESAL, Lavras, MG. 1987.

Causas da variação	GL	Quadrados médios e significância				
		Constituintes				
		Umidade	Det. Fisiol.	Fibra	Prot.	Ext.
Cultivar (c)	2	271,760**	160,951 NS	1,884**	29,020**	
Dias de armazenamento (DA)	4	3,201 NS	10133,800**	0,810**	324,560**	
c x DA	8	5,447 NS	225,580 NS	0,328**	5,176NS	
Erro	45	3,453	108,110	0,106	6,378	
C.V. (%)		3,23	23,39	11,10	13,89	

\* - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*\* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Resumo das análises de variância referentes as porcentagens de amido, açúcares redutores, não redutores e totais das raízes de 3 cultivares de mandioca analisados aos 0, 2, 4, 6, 7 dias de armazenamento pós colheita, ESAL, Lavras, MG, 1987.

Causas da variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Amido	AC redutores	AC n/redutores	AC totais
		Constituintes químicos e físico-químicos			
Cultivar (c)	2	64,836**	0,132**	0,022 N.S.	0,201**
Dias de armazenamento(DA)	4	12,333**	2,018**	0,880**	1,538**
c x DA	8	13,205**	0,147**	0,231**	0,075**
Erro	45	0,071**	0,018	0,059	0,007
C.V. (%)		2,28	15,29	22,28	4,25

\* - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*\* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.



Resumo das análises de variância referentes aos teores em mg/100 g de ácido dehidroascórbico, ácido ascórbico, vitamina C total e a porcentagem de ácido ascórbico de 3 cultivares de mandioca analisados aos 0, 2, 4, 6, 7 dias de armazenamento pós colheita, ESAL, Lavras, MG, 1987.

Causas da variação	GL	Quadrados médios e significância			
		Constituintes			
		Ác.DH.ascórb.	Ác.ascórbico	% Ác.ascórb.	Vit.C total
Cultivar (c)	2	0,958 NS	2,661 NS	20,920 NS	3,912*
Dias de armazenamento (DA)	4	596,29 **	3054,595**	9838,361**	1449,290**
c x DA	8	45,331**	30,246 NS	584,402**	18,765**
Erro	45	0,555	19,408	48,376	0,828
C.V. (%)		4,26	21,23	20,70	2,38

\* - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*\* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.