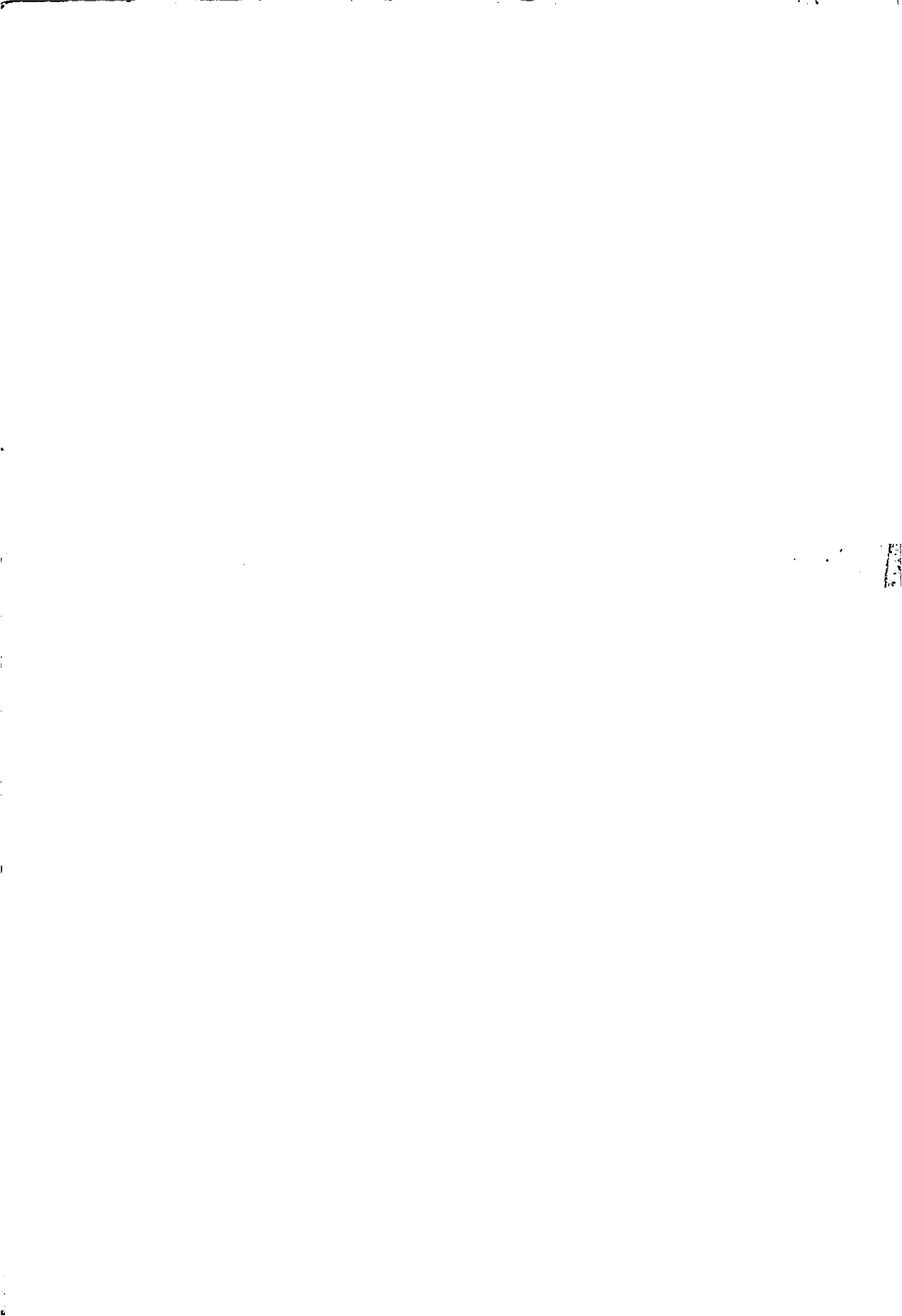


**ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA
E COCÇÃO DE RAÍZES DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

VALÉRIA SALDANHA BEZERRA

2000



VALÉRIA SALDANHA BEZERRA

**ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COCÇÃO DE RAÍZES
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para
obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Prof.a. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Bezerra, Valéria Saldanha

Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca (*Manihot
esculenta* Crantz) minimamente processadas / Valéria Saldanha Bezerra. -- Lavras :
UFLA, 2000.

92 p. : il.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Mandioca. 2. Deterioração. 3. Conservação. 4. Escurecimento. 5.
Processamento mínimo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.23

VALÉRIA SALDANHA BEZERRA


**ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COCÇÃO DE RAÍZES
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)
MINIMAMENTE PROCESSADAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Ciência dos Alimentos, para
obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 07 de Junho de 2000.

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela

Prof.a. Drª. Celeste Maria Patto de Abreu


Prof.a. Drª. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus

pela presença e luz,

Aos meus pais Ailton e Maria

por sempre acreditar,

Ao Carlos

pelo amor e companheirismo,

Aos meus irmãos Verônica e Maurício

por sempre me apoiarem

Aos meus sobrinhos Gabriel, Angela e Beatriz

OFEREÇO

Ao meu filho

Pedro Henrique,

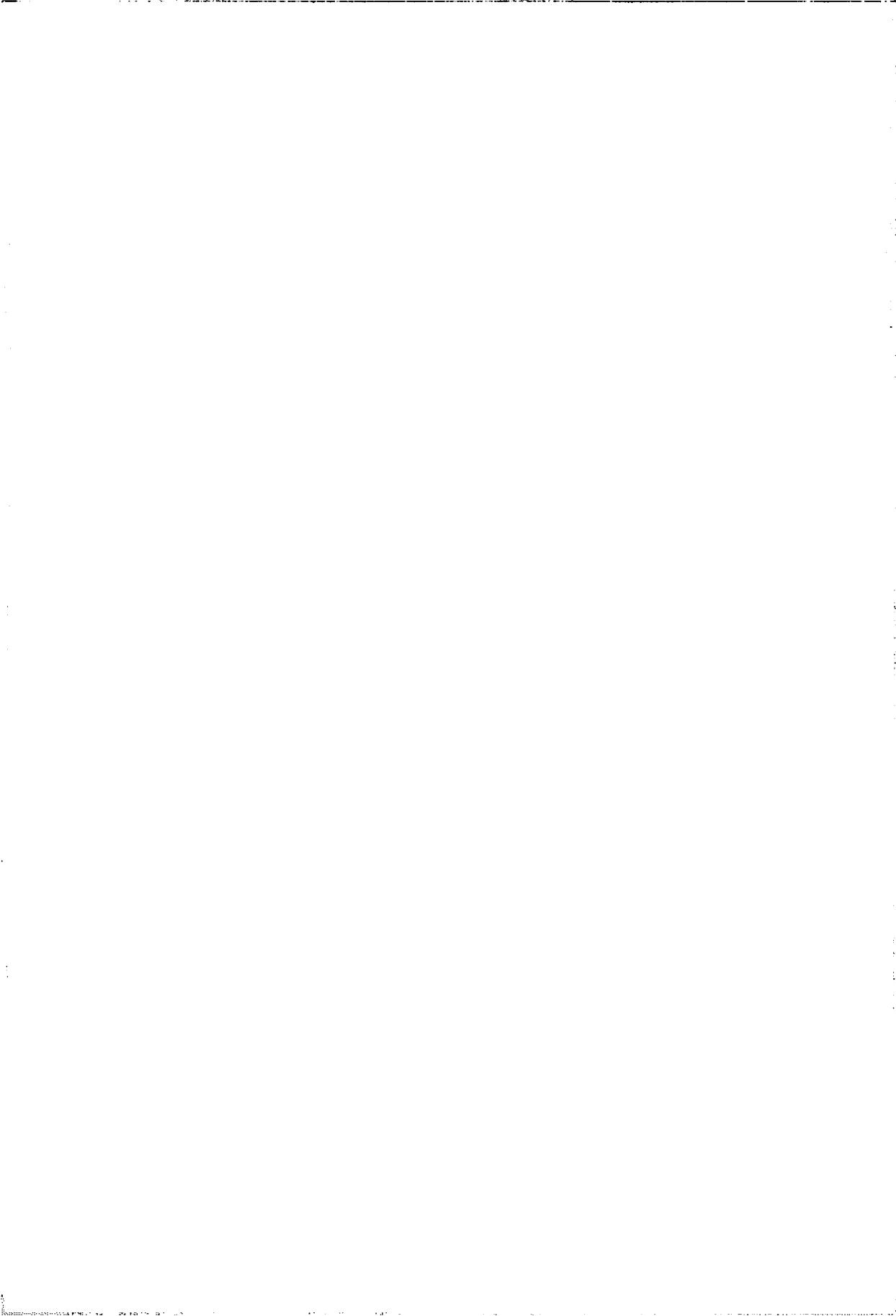
princípio de tudo,

pela sua compreensão,

carinho e amor

irrestritos

DEDICO



AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade e apoio proporcionados à realização deste curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pelo apoio e ensinamentos transmitidos.

À professora Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira pela orientação, convívio e amizade.

À professora Vânia Déa de Carvalho pela orientação, ensinamentos, incentivo e lição de coragem.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela pela orientação e incentivo.

À professora Celeste Maria Patto Abreu pela orientação, apoio e amizade.

Ao professor Augusto Ramalho de Moraes pelos ensinamentos, apoio e orientação nas análises estatísticas.

Aos pesquisadores da EMBRAPA/CPAF-Amapá Rogério Mauro Machado Alves e Luiz Alberto Freitas Pereira pelo aconselhamento acadêmico, apoio e amizade durante todo o curso.

Ao professor Daniel Furtado pelo apoio nas análises estatísticas.

Ao professor João Batista Corrêa pelo fornecimento da matéria-prima.

À pesquisadora Sára Maria Chalfoun pela realização e orientação nas análises microbiológicas.

A todos os professores do curso de Ciência dos Alimentos pelos conhecimentos transmitidos, especialmente aos professores Luiz Carlos de Oliveira Lima e Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Às laboratoristas Constantina Maria Braga Torres e Sandra Mara Lacerda Silva, pela valorosa amizade e orientações durante as análises laboratoriais.

Ao pesquisador Sílvio Júlio de Rezende Chagas (EPAMIG) pelo apoio durante a montagem do experimento.

À bibliotecária Maria da Paixão Neres de Souza, EMBRAPA-CNPMPF pela valiosa colaboração na pesquisa das referências bibliográficas.

Aos amigos Pedro Henrique Tomé pelo apoio incomensurável nas análises estatísticas, Gilvana Aparecida de Oliveira, Luciana Maria Vieira Lopes, Joelma Pereira e Nísia Villela Dessimoni Pinto pelo companheirismo durante o curso.

Aos estagiários Daniele, Heloísa, Marcelo, Fernanda e Fábio, pela ajuda na montagem do experimento e execução das análises químicas.

A todos os funcionários do DCA.

A meu avô Carlos Otacílio Bezerra, que sempre me alegrou através de seu amor, carinho e de sua experiência quase centenária.

Aos meus amigos Lenize Lira, Deuzucélia Góes, Maria José Muniz, Sebastião Muniz e Goretti Praxedes que, mesmo distantes, estavam sempre presentes para me apoiar.

Aos amigos Jurema, Fernando, D.Dina, Raimundo, Luíza, Fernanda, Felipe, Daniele, Walter, Rafael, Mateus e André pela agradável amizade e convivência.

A todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Aspectos gerais.....	3
2.2 Valor nutricional.....	4
2.3 Composição química.....	5
2.3.1 Umidade.....	6
2.3.2 Amido e açúcares.....	7
2.3.3 Vitamina C total	9
2.3.4 Acidez total titulável e pH.....	10
2.4 Cocção.....	11
2.5 Atividade enzimática.....	12
2.5.1 Polifenoloxidase - PFO.....	14
2.5.2 Peroxidase - PER.....	16
2.6 Deterioração das raízes.....	21
2.6.1 Deterioração fisiológica	22
2.6.2 Deterioração microbiológica.....	25
2.7 Técnicas de preservação de raízes.....	27
2.7.1 Naturais.....	28
2.7.2 Atmosfera modificada.....	30
2.7.3 Resfriamento.....	32
2.7.4 Congelamento.....	32
2.7.5 Branqueamento.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34

3.1 Coleta e preparo das amostras.....	34
3.2 Experimento e procedimento experimental.....	34
3.3 Análises físico-químicas e químicas.....	35
3.3.1 Umidade.....	36
3.3.2 Sólidos solúveis totais (SST)	36
3.3.3 Acidez total titulável (ATT) e pH.....	36
3.3.4 Vitamina C total.....	36
3.3.5 Açúcares totais (AT) e redutores	37
3.3.6 Açúcares não redutores.....	37
3.3.7 Amido.....	37
3.3.8 Atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO)	37
3.3.9 Atividade enzimática da peroxidase (PER)	38
3.4 Tempo de cocção.....	38
3.5 Deterioração fisiológica.....	38
3.6 Deterioração microbiológica.....	38
3.7 Análise estatística dos dados.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Tempo de cocção.....	40
4.2 Umidade.....	42
4.3 Sólidos solúveis totais (SST)	43
4.4 Acidez total titulável (ATT)	45
4.5 pH.....	49
4.6 Vitamina C total.....	51
4.7 Açúcares totais (AT) e redutores.....	53
4.8 Açúcares não redutores.....	59
4.9 Amido.....	61
4.10 Polifenoloxidase (PFO)	64
4.11 Peroxidase (PER)	66

4.12 Deterioração fisiológica.....	70
4.13 Deterioração microbiológica.....	73
5 CONCLUSÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	89

RESUMO

BEZERRA, Valéria Saldanha. Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. Lavras: UFLA, 2000. 92p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).*

A conservação pós-colheita é um dos principais problemas da cultura da mandioca devido à deterioração e escurecimento de suas raízes em até 24 h após a colheita. Sabendo-se da importância da prevenção do escurecimento de suas raízes e visando aumentar a vida de prateleira sob a forma "in natura", o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as alterações na composição química e cocção de uma cultivar de mandioca armazenada em condições de refrigeração, branqueamento e atmosfera modificada. Foram analisadas raízes frescas da cultivar Baianinha provenientes do Departamento de Agricultura-UFLA, Lavras, MG e submetidas ao armazenamento em câmara fria ($8^{\circ}\text{C}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85\%\pm 3\%\text{UR}$) por período de dezoito dias. Os tratamentos aplicados às raízes foram o branqueamento e embalagem de polietileno com vácuo. A cultivar Baianinha, de cozimento regular, manteve sua qualidade culinária assim como conservou seu teor de umidade e vitamina C total por todo o período de armazenamento. Raízes embaladas com vácuo apresentaram valores menores de pH e maiores teores de açúcares redutores, açúcares não redutores e atividade da polifenoloxidase em relação às raízes sem vácuo. Raízes branqueadas apresentaram valores maiores de tempo de cocção, sólidos solúveis totais, açúcares totais e redutores, amido, atividade da polifenoloxidase e valores inferiores de pH e atividade da peroxidase em relação às raízes sem branqueamento. Em relação à avaliação visual da deterioração fisiológica, as raízes sem branqueamento e embaladas sem vácuo apresentaram escurecimento a partir do 6º dia de armazenamento. Quando as raízes foram branqueadas ou embaladas com vácuo, a conservação em relação à deterioração fisiológica foi observada a partir do 9º dia de armazenamento. Raízes com branqueamento e embaladas com vácuo apresentaram-se livres de sintomas de deterioração fisiológica até o 18º dia de armazenamento. O aparecimento de deterioração microbiana por *Fusarium* somente ocorreu após o 15º dia de armazenamento.

Comitê Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Orientadora), Vânia Déa de Carvalho - UFLA (Co-orientadora), Evódio Ribeiro Vilela - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

BEZERRA, Valéria Saldanha. Chemical and cooking alterations of minimized processed cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. Lavras: UFLA, 92p. (Dissertation - Master Program in Food of Science)*

The post-harvest conservation is one of the major problem of cassava crop, due to deterioration and darkening of the root up to 24 h after harvest. Taking in account the importance of darkening prevention of cassava roots and having in view the increase of shelf life, the aim of this work was to evaluate the post-harvest resistance and cooking quality of minimized processed roots of the cultivar Baianinha. Fresh roots from Department of Agriculture - UFLA, Lavras, MG, with and without blanching, with or without vacuum in polyethylene films, were stored em cold chamber ($8^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85\% \pm 3\%\text{RU}$) during eighteen days. The cultivar Baianinha showed a regular cooking time and kept its cooking quality and the vitamin C content for all storage periods. Roots in vacuum packages revealed smaller values of pH and higher values of reducing and non reducing sugars and enzymatic activities of polyphenoloxidase, in relation to no vacuum packaged roots. Roots with blanching showed higher values of cooking time, total soluble solids, total and reducing sugars, starch, enzymatic activity of polyphenoloxidase and smaller values of pH and enzymatic activity of peroxidase, in relation to no blanching roots. Roots without blanching and without vacuum in the package showed physiological darkness from 6th storage day. Blanched or vacuum packed roots were preserved in relation to physiological deterioration until the 9th storage day. When roots were blanched and packed with vacuum, did not show discoloration until the 18th storage day. The appearance of roots microbiological deterioration caused by *Fusarium* just ocured after the 15th storage day.

Guidance Committee: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira - UFLA (Major Professor), Vânia Déa de Carvalho - UFLA, Evódio Ribeiro Vilela - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a raiz da mandioca pode ser consumida após cozimento em água ou após vários tipos de processamentos sob a forma de farinhas, fécula (polvilho doce), fécula fermentada (polvilho azedo), sagu, tapioca, flocos, beijú, puba, tacacá, álcool, álcool butílico, dextrina, tucupi, etc.

Estima-se que 23% da produção de raízes de mandioca são perdidos após a colheita devido a um inadequado conhecimento das técnicas de armazenamento. Um dos maiores obstáculos para a utilização da mandioca é a alta perecibilidade destas raízes, pois quando armazenadas em condições ambientais, possuem uma vida útil muito restrita (de 24 a 72 horas). As deteriorações tanto de caráter bioquímico como microbiológico, levando a perdas pós-colheita, proporcionam grandes prejuízos e, conseqüentemente, diminuição de seu valor comercial.

Em estudos do impacto do armazenamento de raízes frescas nos mercados urbanos, tendo como principal fator limitante de mercado a rápida deterioração pós-colheita das raízes de mandioca, observou-se a necessidade de altas margens de lucro para cobrir os riscos de perda no mercado. A dificuldade de conservar estoques de mandioca fresca, mesmo por poucos dias, em uma indústria processadora, tem sido o principal fator inibitório para o desenvolvimento industrial da cultura.

A qualidade das raízes de mandioca está intrinsecamente ligada às características genéticas e culturais. As práticas realizadas durante os estágios de colheita e pós-colheita podem influenciar o início do processo deteriorativo, garantindo melhor conservação e, conseqüentemente, diminuindo perdas e oferecendo uma vida de prateleira mais prolongada. Algumas variedades, quando armazenadas, são mais resistentes a estrias vasculares do que outras,

sendo que a composição química das raízes pode ser a responsável por estas diferenças. Uma cultivar que se mostra resistente à deterioração fisiológica em uma determinada idade de colheita pode ser extremamente suscetível em outra.

Os hábitos alimentares têm-se modificado acentuadamente nos últimos tempos. Com o surgimento dos grandes supermercados e o aperfeiçoamento dos meios de comunicação, é crescente a valorização da qualidade e a conscientização das pessoas no sentido de evitar desperdícios. Assim, o consumidor final está se tornando mais exigente, procurando adquirir produtos de melhor qualidade. Além disso, o aumento da participação das mulheres no mercado de trabalho, restringindo o tempo de confecção das refeições, tem levado à busca de alimentos de preparo facilitado e rápido.

Sabendo-se da importância da melhor conservação de raízes de mandioca através da prevenção do escurecimento de suas raízes e visando aumentar a vida de prateleira sob a forma "in natura", o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as alterações na composição química e cocção de uma cultivar de mandioca armazenada em condições de refrigeração, branqueamento e atmosfera modificada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a principal fonte alimentar para uma grande parte da população mundial, particularmente países da América do Sul, África e Ásia, onde é primariamente a fonte de calorías e carboidratos para 300-500 milhões de pessoas. Estima-se que 65% da produção são utilizados para consumo humano, 25% para uso industrial - principalmente como amido (6%) ou alimentação animal (19%) (Cock, 1985).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae, e antes da descoberta da Novo Mundo, o gênero *Manihot* era encontrado somente nas Américas entre as latitudes 30°N e 30°S. O Brasil é considerado o principal centro de diversificação da cultura, seguido da América Central (Cock, 1990).

É uma planta arbustiva lenhosa perene, de 1,3-5m de altura, semeada através de estacas retiradas das ramas, as quais demonstram uma forte dominância apical, que leva ao desenvolvimento de raízes laterais armazenadoras de grande quantidade de amido (Cock, 1990).

Consideráveis variações ocorrem no número, forma e tamanho das raízes, mas normalmente de 5-10 raízes são produzidas por planta, com o tamanho variando de 15-100cm de comprimento, 3-15cm de diâmetro, pesando em média 4-7kg, podendo atingir até 40kg. As raízes são cilíndricas ou cônicas, o tecido interno (polpa) pode ser branco ou amarelo e as raízes, quando maduras, tornam-se fibrosas e lenhosas (Cassava..., 2000). A colheita pode ser realizada de 10-18 meses, dependendo de fatores como cultivar, práticas culturais e o objetivo da cultura, mas geralmente acontece no primeiro ano.

Nas regiões tropicais, o desenvolvimento vegetativo e conseqüente aumento de amido nas raízes ocorrem nos meses de temperatura alta, paralisando nos meses de inverno. Quando a planta encontra-se neste estado de paralisação de atividades, os maiores teores de amido são observados em suas raízes, proporcionando a melhor época de colheita para processamento industrial (Schiocchet e Ternes, 1996).

A cultura da mandioca reúne, além da facilidade de cultivo, resistência a doenças e variações climatológicas, propiciando a oportunidade de se preparar vários tipos de alimentos, particularmente nas camadas mais humildes da população.

Com uma produção mundial de 160 milhões de toneladas em 16 milhões de ha, o Brasil aparece como 2º produtor mundial com 20,4 milhões t (12,8%) (FAO, 1999), sendo que o Estado de Minas Gerais contribui com 978 mil t, situando-se como 6º produtor brasileiro (AGRIANUAL, 1999).

2.2 Valor nutricional

Em termos nutricionais, a mandioca pode ser considerada primariamente como uma fonte de energia barata que contribui para a nutrição dos consumidores, mas necessita de outros alimentos como fontes de proteínas, vitaminas, minerais e gorduras.

A mandioca é uma das culturas que converte a maior quantidade de energia solar em carboidratos solúveis por unidade de área (Okezie e Kosikowski, 1982). Assim, 1 kg de mandioca (peso fresco) pode proporcionar cerca de 1.460 cal, enquanto um adulto necessita de 2.500 cal/dia (Cock, 1985).

A presença de glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) nas raízes de mandioca é considerada um dos principais problemas da cultura, podendo variar de 15 a 400mg HCN/kg (bs) (Cock, 1990 e Bough, 1992). Os compostos cianogênicos e suas respectivas agliconas ou α -hidroxinitrilas são

convertidos em cianeto no corpo, levando a doenças como hipertireoidismo, neuropatia atáxica e konzo (paralisia rápida e permanente) (McMahon, White e Sayre, 1995).

A mandioca também apresenta baixos níveis de proteína (3,2 a 4% bs), pois é deficiente em metionina. Esta deficiência é exacerbada pela presença de cianeto, que requer enxofre da metionina para detoxificação.

Apesar destes obstáculos, a mandioca é uma boa fonte de energia, rapidamente disponível (65% amido bs) para o homem e animais.

2.3 Composição química

A raiz de mandioca possui 30-40% de matéria seca, valores considerados apreciáveis ao ser comparada com culturas como a batata (30%) e inhame (27,5%) (Cock, 1990). O conteúdo de matéria seca depende de fatores como variedade, idade da planta, solo, condições climáticas e a sanidade da planta, sendo que o amido e açúcar são os componentes predominantes (aproximadamente 90%) da matéria seca.

O conteúdo de proteína bruta das raízes de mandioca é de 2-3% em base seca, sendo a qualidade considerada como relativamente boa, apesar da deficiência em amino ácidos sulfurados e a perda pelos processamentos (Cock, 1990)

As raízes de mandioca (1000g) contêm 1.460cal, 625g de água, 347g de carboidratos, 12g de proteínas, 3g de gordura, 330mg de cálcio, 7mg de ferro, traços de Vitamina A e significantes quantidades (bu) de Vitamina C (360mg), tiamina (0,6mg), riboflavina (0,3mg) e niacina (6mg) (Cock, 1990). O tipo de processamento como a cocção, por exemplo, pode levar a uma redução de 50 a 75% da Vitamina C, não suprimindo suficientemente as necessidades mínimas diárias (Cock, 1990).

Em relação ao processamento da raiz de mandioca, foram observados teores de 2mcg de retinol, 50mcg de tiamina, 30mcg de riboflavina, 0,600mg de niacina e 31mg de ácido ascórbico em mandioca cozida. Na mandioca frita foram encontrados 3mcg de retinol, 90mcg de tiamina, 60mcg de riboflavina, 1,100mg de niacina e 66mg de ácido ascórbico. Na farinha de mandioca encontram-se 80mcg de tiamina, 70mcg de riboflavina, 1,600mg de niacina e 14mg de ácido ascórbico. No polvilho de mandioca foram encontrados 10mcg de tiamina, 20mcg de riboflavina, 0,500mg de niacina. E em folhas de mandioca, usadas na confecção do pó protéico de folhas, encontraram-se 1960mcg de retinol, 120mcg de tiamina, 270mcg de riboflavina, 1,700mg de niacina e 290mg de ácido ascórbico (Franco, 1992).

2.3.1 Umidade

O teor de água é um dos aspectos mais importantes da conservação de raízes pela influência direta na durabilidade das mesmas, pois cultivares resistentes à deterioração fisiológica apresentam maiores teores de umidade. Para retardar a deterioração fisiológica, os teores de umidade das raízes devem estar acima de 58,0% (Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang, 1982a).

A perda de água da raiz de mandioca durante o armazenamento reflete negativamente no desenvolvimento inicial da descoloração vascular (Marriot, Been e Perkins, 1978); portanto, a umidade relativa afeta a deterioração (Rickard, 1984).

Quando raízes são armazenadas sob baixa umidade relativa, há o desenvolvimento de uma camada branca seca, de alguns milímetros de espessura, durante as primeiras 72 horas, observando-se também o estriamento vascular ou descoloração ao longo das raízes (Rickard, 1985). Para umidades relativas altas ocorre condensação da água na superfície do produto e infestação por uma grande quantidade de patógenos, com conseqüente morte dos tecidos.

Umidades relativas compreendidas entre 65-80% (Noon e Booth, 1977) e 80-85% (Rickard e Coursey, 1981), respectivamente, têm melhor contribuído para prevenir a deterioração fisiológica no armazenamento de raízes de mandioca.

2.3.2 Amido e açúcares

A mandioca é uma planta basicamente energética devido à elevada quantidade de carboidratos presentes em suas raízes, aproximadamente 92,5% (Cock, 1990), principalmente amido. O teor de matéria seca pode diferir grandemente entre as raízes de acordo com a cultivar, estado de maturidade e condições culturais (Rickard e Coursey, 1981).

A porcentagem de matéria seca no tecido parenquimatoso varia de 24 a 27%, sendo que o teor de amido representa cerca de 78,1 a 90,1% desta matéria seca (Hernandez e Guillen, 1984; Kawabata et al., 1984; Raja et al., 1979).

As mudanças nos teores de sólidos solúveis totais que ocorrem durante o armazenamento de frutos e hortaliças são atribuídas à hidrólise de polissacarídeos insolúveis, principalmente do amido, a açúcares solúveis, ocasionando aumento no teor de açúcares totais, e redução e diminuição nos teores de amido e açúcares não redutores (Booth, 1976b; Carvalho, Chalfoun e Hwei-Wang, 1982a; Kawabata et al., 1984). Essa variação nos teores de amido e açúcares durante o armazenamento depende das condições de temperatura, umidade relativa, estado fisiológico do material e tempo de armazenamento (Maini e Balagopan, 1978). Ao armazenar raízes de mandioca sob condições ambientais, observaram-se variações entre diversas cultivares em relação aos teores de açúcares totais e não redutores, com decréscimo do teor de açúcares redutores (Ferreira, 1986).

Czyhrinciw e Jaffé (1951) relataram que o conteúdo de amido das raízes de mandioca armazenadas a 25°C decresceu na primeira semana de armazenamento e aumentou na terceira semana. Já em raízes armazenadas a

3°C, o aumento foi gradativo até a quarta semana de armazenamento. Este acréscimo no teor de amido em raízes de mandioca armazenadas pode ser atribuído à hidrólise de outros carboidratos com aumentos nos teores de carboidratos de cadeias menores, que são produtos intermediários nas atividades das enzimas celulares, podendo contribuir para o aumento irreal do teor de amido (Ferreira, 1986). O acréscimo no teor de amido geralmente está relacionado com o aumento de peso seco ou com a evaporação de água das raízes de mandioca durante o armazenamento (Kawabata et al., 1984).

Os açúcares mais comumente encontrados na fração solúvel dos carboidratos são sacarose, maltose, frutose, glicose e traços de manose (Ketiku e Oyenuga, 1972).

Os acréscimos nos teores de açúcares não corresponderam a decréscimos de amido na cultivar Mantiqueira, conservada em condições ambientais (Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang, 1982a). Também não se pode considerar o acréscimo de açúcares totais apenas uma consequência da hidrólise do amido, pois queda nos teores de amido e aumento acentuado do teor de açúcares após armazenamento das raízes de mandioca podem ser atribuídos à própria senescência das raízes (Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior, 1985b). Acréscimos nos teores de açúcares eram correspondentes a decréscimos em amido para algumas cultivares (Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang, 1982b). Quando raízes inteiras foram armazenadas em condições ambientais, observaram-se oscilações distintas nos teores de amido, açúcares redutores e não redutores das cultivares IAC 12829, Guaxupé e a Sonora (Campos, 1987). Acréscimos nos teores de amido foram observados nas seções de raízes da cv. Guaxupé ao serem armazenadas em condições ambientais (Gimenez, 1991).

O aumento do teor de açúcares e a diminuição no teor de amido de raízes de mandioca armazenadas foram atribuídos à atividade da enzima amilase e à

desidratação do material, favorecendo a invasão microbiana (Maini e Balagopal, 1978).

Raja e Abraham (1978) observaram que em raízes armazenadas houve decréscimo de 3,9% na quantidade de amido devido à clivagem enzimática. Já em raízes com mudança de coloração, a redução foi de 21,7% do valor original (de 81,5%), que foi associada a alterações de textura e descoloração devido à podridão microbiana.

2.3.3 Vitamina C total

O ácido ascórbico é fator importante na prevenção do escurecimento em frutos e raízes devido ao seu extraordinário poder redutor, pois ao se oxidar, reduz quinonas produzidas pela ação enzimática, transformando-se em ácido deidroascórbico, que também apresenta atividade vitamínica (Van Lelyveld e De Bruyn, 1977). Assim, enquanto teores da forma não oxidada - ácido ascórbico - forem mantidos no tecido em teores adequados, o escurecimento é prevenido (Coelho, 1992), sendo responsável também pela inibição da ação da polifenoloxidase (Tanaka et al., 1984).

O conteúdo de vitamina C total (ácido ascórbico + ácido deidroascórbico) por HPLC em mandioca proveniente do Pacífico Sul foi avaliado em 14,9 mg/100 g peso fresco (Bradbury e Singh, 1986).

Níveis de ácido ascórbico e deidroascórbico foram detectados em raízes de mandioca na faixa de 120-150 mg/100g bs e 56-70 mg/100g bs, respectivamente. Após cinco dias de armazenamento, estas apresentavam apenas 25-30% do valor original, e após 8 dias houve uma queda insignificante no conteúdo (Ogunsua e Adedeji, 1979). Quando raízes de mandioca foram armazenadas sob refrigeração, verificou-se uma retenção de 50% em cinco dias e de 20% do valor original após 8 dias.

Decréscimos nos teores de vitamina C total e ácido ascórbico foram observados nas raízes das cultivares Guaxupé, Sonora e IAC 12829 quando armazenadas em condições ambientais, e houve aumento no teor de ácido dehidroascórbico nas cultivares IAC 12829 e Guaxupé após 7 dias de armazenamento em condições ambientais, indicando maior taxa de oxidação do ácido ascórbico (Campos, 1987). Observou-se também que os maiores teores iniciais de ácido ascórbico, juntamente com o maior teor de umidade das raízes, proporcionaram menor atividade enzimática e, conseqüentemente, menor deterioração fisiológica para a cultivar Guaxupé.

O grau de deterioração fisiológica aumentou com o armazenamento de raízes de mandioca da cultivar Guaxupé por 9 dias em condições ambientais, constatando-se também decréscimos no teor de vitamina C total (Gimenez, 1991). Raízes de mandioca que apresentaram maiores teores de ácido ascórbico no dia da colheita também apresentaram-se mais resistentes à deterioração fisiológica (Coelho, 1992).

A poda nas plantas de mandioca antes da colheita também provocou decréscimos nos teores iniciais de vitamina C nas raízes, assim como quando raízes de mandioca foram embaladas com polietileno e armazenadas por 16 dias em condições ambientais (Paranaíba, 1993).

2.3.4 Acidez total titulável e pH

Os dois métodos comumente usados para medir a acidez de frutos e hortaliças são a porcentagem de ácido orgânico e a concentração de íon hidrogênio ou pH. Geralmente, para indicar o parâmetro do sabor ácido ou azedo, usa-se a acidez total titulável, enquanto para determinar a qualidade dos produtos processados, o pH é o método mais útil.

O período da maturação é o de maior atividade metabólica, assim, os ácidos orgânicos constituem uma excelente reserva energética do fruto, através

de sua oxidação no ciclo de Krebs. O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação em decorrência do processo respiratório ou da conversão dos mesmos em açúcares.

Na mandioca, o início do processo fermentativo é acompanhado por uma rápida queda na concentração do oxigênio dissolvido, ocasionada por bactérias amilolíticas aeróbicas, capazes de consumir oxigênio e produzir ácidos orgânicos como o láctico, butírico, acético, entre outros.

Estudando a conservação de diversas culturas de raízes sob diferentes temperaturas, observou-se que as maiores perdas ocorreram durante a primeira semana e as culturas, de um modo geral, não apresentaram alterações apreciáveis de pH e acidez (Czyhrinciw e Jaffé, 1951)

Raízes de mandioca armazenadas durante 4 dias, em condições ambientais, podem exibir decréscimo da acidez, assim como variabilidade de comportamento do pH entre as cultivares (Ferreira, 1986).

2.4 Cocção

Existem variações acentuadas nos tempos de cocção de raízes de mandioca até mesmo entre raízes de uma cultivar, que são atribuídas a fatores genéticos, idade das plantas, época de colheita, clima, solo e local (Wheatley e Gómez, 1985 e Fukuda, Silva e Borges, 1988). A variabilidade entre cultivares quanto ao tempo de cocção pode ser atribuída a diferentes idades de maturação das cultivares, ou seja, as mais precoces tornam-se mais fibrosas e mais difíceis de cozinhar com o passar do tempo (Fukuda e Borges, 1990).

Wheatley e Gómez (1985) sugeriram que o tempo ótimo de cocção varia de 15 a 25 minutos e quando o tempo excede a 30 minutos, os produtos são considerados de baixa qualidade.

A cocção é um fator importante na avaliação de raízes submetidas ao armazenamento (Booth et al., 1976). Durante o período de estocagem as raízes

amolecem, mas apresentam maior tempo de cocção e desuniformidade na textura, que está associada com o desenvolvimento de áreas cristalinas, semi-translúcidas e endurecidas, ausentes nas raízes frescas (Booth et al., 1976).

A maior retenção de ácido ascórbico e dehidroascórbico foi observada em raízes cozidas em panelas de pressão, 82-86% e 86-108%, respectivamente, ao serem avaliadas após armazenamento e diferentes métodos de cocção e fermentação (Ogunsua e Adedeji, 1979).

Raízes de mandioca inteiras, armazenadas de diferentes formas em condições ambientais, apresentaram-se com qualidade culinária para consumo nos seguintes dias: 27 dias (embalagem de polietileno); 21 dias (serragem úmida, testemunha) e 5 dias (não embaladas, maneb 0,6% e testemunha) (Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior, 1985a).

O efeito de diferentes espessuras da embalagem de polietileno na conservação e qualidade de raízes inteiras de mandioca foi investigado por Campos, Kato e Carvalho (1986). Observou-se que o uso da embalagem de polietileno, apesar de ter diminuído a deterioração fisiológica (DF) e a porcentagem de perdas de peso, não foi aconselhável para embalagem da cultivar Baiana, uma vez que as raízes apresentaram baixas percentagens de cocção aos 3 dias após colheita.

O emprego de embalagem de polietileno durante o armazenamento de raízes inteiras de mandioca em condições ambientais proporcionou diminuição no tempo de cocção, enquanto a prática da poda antes da colheita, permanência das raízes de plantas podadas no solo e o tempo de armazenamento levaram ao aumento do tempo de cocção (Paranaíba, 1993).

2.5 Atividade enzimática

Quando o alimento ainda é um organismo vivo, ele contém vários tipos de enzimas, as quais se encontram dispersas de forma organizada em sistemas

altamente integrados, localizados e compartimentalizados em organelas. No processamento de alimentos, há uma interrupção na seqüência das reações metabólicas com a liberação das enzimas que, em contato com os substratos, promovem o escurecimento do alimento.

O tecido vegetal, quando sofre algum tipo de injúria promovido por corte, amassamento, ataque de insetos, fungos e/ou bactérias, rapidamente torna-se escuro. Este escurecimento é proveniente de reações químicas catalisadas por enzimas, as quais são geralmente indesejáveis do ponto de vista do processamento de alimentos. Reações de escurecimento catalisadas por enzimas ocorrem em tecidos vegetais que não sofreram tratamento térmico adequado e são diferenciadas das de escurecimento não enzimático, resultante da reação de Maillard, que ocorre quando misturas de aminoácidos e carboidratos são aquecidas.

A baixa resistência ao armazenamento apresentada por raízes de mandioca, independentemente da variedade, deve-se, possivelmente, ao fato das enzimas existentes no suco tornarem-se muito ativas logo após a colheita (Pacheco, 1952). Os primeiros sintomas de deterioração (estriamento vascular) foram atribuídos à ação enzimática endógena (Normanha e Pereira, 1963 e Averde, 1967).

Após uma injúria do tecido, várias mudanças acontecem tanto na célula como na molécula (Wheatley, Lozano e Gómez, 1982). Nas células rompidas, há uma rápida perda de seus constituintes e uma resposta metabólica das células adjacentes que não foram danificadas. É nestas células adjacentes e íntegras, mas estressadas, que ocorrem os processos metabólicos, como aumento da atividade de enzimas associadas com a biossíntese de fenilpropanóides, incluindo a fenilalaninaamonioliase (FAL); aumento da atividade da peroxidase e polifenoloxidase; aumento da concentração de compostos fenólicos; formação de fenilpropanóides; diminuição nos teores de ácido ascórbico. Em raízes de

mandioca, a resposta inicial à injúria levou à oclusão dos vasos do xilema e produção de compostos fenólicos no parênquima de armazenamento. A deposição de compostos coloridos nestes locais foi acompanhada pela elevação da atividade da polifenoloxidase e da peroxidase (Plumbey, Hughes e Marriot, 1981 e Rickard, 1985).

2.5.1 Polifenoloxidase - PFO

A enzima polifenoloxidase tem sido objeto de contínua atenção de químicos e processadores de alimentos devido ao envolvimento da mesma com o escurecimento enzimático. O efeito detrimental da enzima é o escurecimento de tecidos de plantas machucadas e quebradas. A reação de escurecimento em frutas, vegetais e bebidas é um dos principais problemas na indústria de alimentos. Estima-se que em torno de 50,0% da perda de frutas tropicais no mundo são devidos à enzima polifenoloxidase (Araújo, 1995).

A faixa ótima de atuação das PFOs está entre pH 6,8-8,0, e com o amadurecimento do tecido vegetal, há um decréscimo na atividade da PFO. Estas enzimas participam do processo de respiração, resistência à infecção e na biossíntese de certos constituintes vegetais (flavonóides, cumarinas, etc.)

A PFO é uma enzima que se encontra compartimentalizada tanto na membrana celular como no cloroplasto, mitocôndria, microssomas, peroxissomas e no plasma celular. Recentes estudos citoquímicos, no entanto, puderam evidenciar que a PFO é exclusivamente uma enzima plastídica, localizada em uma série de plastídeos: plastídeos de raízes, amiloplastos de tubérculos, plastídeos epidérmicos, plastos de tecidos de cenouras, etioplastos, cromoplastos e em cloroplastos de diferentes espécies (Whitaker, 1972).

As PFOs podem ser consideradas como oxidase de função mista, as quais podem catalisar hidroxilação do anel benzênico de monofenóis e/ou remoção de hidrogênio a partir do difenol. A ação da polifenoloxidase se

processa pela hidroxilação de monofenóis para 9-difenóis, e oxidação destes 9-difenóis para quinonas ou polímeros (Wheatley, 1982). As quinonas têm ação anti-microbiana, e os polímeros podem agir como taninos e se complexarem com proteínas para formar uma barreira física à penetração de patógenos.

Diversos mecanismos têm sido explorados para prevenir e/ou retardar o escurecimento dos tecidos causado pela ação das PFOs, com a finalidade de reter a coloração original dos alimentos. Variáveis como fertilizantes, variedade e clima podem afetar a taxa de escurecimento nos alimentos. Cuidados na manutenção da integridade celular do tecido vegetal reduzem drasticamente a taxa de escurecimento do alimento. As enzimas PFOs podem ser irreversivelmente destruídas através da adição de calor, que resulta em perdas de sabor, aroma e textura; da adição de sulfito, que resulta na degradação da Vitamina B₁ (tiamina); e da adição de ácido cítrico. Pode-se induzir, também, uma inibição reversível das enzimas PFOs através da adição de açúcares, especialmente sacarose, que remove a água do meio, evitando a perda de constituintes voláteis, responsáveis pelo "flavor"; e pela adição de ácido ascórbico, que reduz a quinona formada pela ação enzimática (Lee e Whitaker, 1994).

A polifenoloxidase é enzima chave associada com a deterioração azul das raízes (Balagopalan e Padmaja, 1984). Com o rompimento dos tecidos por danificação mecânica, a polifenoloxidase atua oxidativamente sobre o substrato disponível, acelerando o escurecimento e, conseqüentemente, a deterioração. Sua atividade depende de vários fatores, destacando-se as concentrações de polifenóis (substrato), polifenoloxidase, ácido ascórbico, etc. (Richardson, 1976). A atividade da polifenoloxidase varia também com as cultivares, tendo sido sugerido que a atividade desta enzima e o escurecimento enzimático são ocorrências distintas (Huei-Wang, Carvalho e Chalfoun, 1983).

O comportamento da polifenoloxidase pode ser bastante distinto conforme as condições de estudo. Padmaja, Balagopal e Potty (1982b) observaram aumento na atividade da polifenoloxidase do primeiro ao segundo dia de armazenamento das raízes, seguido de decréscimos até o quinto dia. Já raízes da cultivar IAC 1418 não apresentaram atividade de polifenoloxidase após a colheita (Carvalho et al., 1985). Quando as raízes da cultivar IAC 12829 permaneceram no solo 7 dias após a poda, houve um aumento acentuado na atividade da polifenoloxidase, praticamente dobrando o valor inicial constatado no dia da poda (Kato, 1987).

O período de armazenamento das raízes em condições ambientais proporcionou acréscimos na atividade da peroxidase e aumentos seguidos de decréscimos na atividade da polifenoloxidase. As cultivares Sonora e IAC 12829 apresentaram maior grau de escurecimento e maiores atividades de peroxidase e polifenoloxidase (Campos, 1987).

Raízes de plantas colhidas com 12 e 15 meses de idade apresentaram baixos valores de deterioração fisiológica, que foram atribuídos à menor atividade destas enzimas. Raízes das cultivares Guaxupé e Iracema armazenadas sob condições ambientais, que se mostraram mais resistentes à deterioração fisiológica, apresentaram, no dia da colheita, maiores teores de polifenoloxidase e peroxidase (Coelho, 1992).

O aumento do grau de deterioração fisiológica com o armazenamento mostrou-se relacionado com o acréscimo da atividade da polifenoloxidase e peroxidase (Gimenez, 1991).

2.5.2 Peroxidase - PER

A enzima peroxidase é largamente distribuída nos reinos animal e vegetal e é encontrada em todas as plantas superiores estudadas (Robinson e Eskin, 1991). Esta enzima é utilizada para testar a eficiência do branqueamento

de frutas e vegetais antes de seu congelamento e armazenamento (Fennema, 1993).

Na pós-colheita, as peroxidases são responsáveis por perda na cor, flavor, textura, bem como do valor nutricional. Acredita-se que uma função da peroxidase é a de proteger os tecidos animal e vegetal contra os efeitos tóxicos do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) formado durante o metabolismo celular, pois a remoção da H_2O_2 da célula evita a formação do oxigênio singlete pela reação com o O_2^- (Araújo, 1995).

A peroxidase é muito importante no processo de amadurecimento dos frutos, pois é responsável pela degradação do ácido indol acético, consistindo em um controle da concentração deste fitohormônio nas plantas (Robinson e Eskin, 1991).

Após a colheita, a atividade da peroxidase pode elevar-se de 4 a 5 vezes, enquanto a atividade da polifenoloxidase aumenta pouco (em alguns casos, apenas 10%). Durante o período de maturação das sementes, a peroxidase converte os fenólicos solúveis em polímeros de lignina insolúveis, representando um instrumento importante no desenvolvimento da impermeabilidade à água do tegumento de algumas sementes (Egley et al, 1983).

Esta enzima utiliza peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para oxidar seus substratos e possui o grupo prostético ferriprotoporfirina IX (Fe^{+++}), o qual influencia as reações as quais catalisam (Araújo, 1995). A peroxidase é membro de um grupo de enzimas chamadas de oxiredutases (Robinson e Eskin, 1991), que catalisam reações de transferência de elétrons (Lehninger, 1993).

As isoperoxidasas parecem ser localizadas em quase todas as partes e organelas celulares, embora elas variem em número e atividade com as mudanças fisiológicas. A atividade da peroxidase tem sido detectada em vacúolos, tonoplastos, plasmalemas, mitocôndrias, microsossomos e paredes celulares.

Os tecidos de raízes de mandioca contêm várias peroxidases eletroforeticamente 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 (Plumbey, Hughes e Marriott, 1981).

A peroxidase evidencia-se como três grupos reunidos, e durante o desenvolvimento da descoloração vascular o padrão eletroforético apresenta variações, incluindo o aparecimento de um novo grupo, no grupo intermediário e a intensificação severa de outros (Marriot, Plumbey e Rickard, 1980). Estas variações são também acompanhadas por um aumento na atividade da peroxidase total e por uma oxidação moderada do ácido ascórbico.

Stress fisiológico, fermentos, infecções fúngicas e viróticas ocasionam mudanças na atividade das isoenzimas peroxidativas (Robinson e Eskin, 1991).

A atividade da peroxidase pode levar à destruição da vitamina C e descoloração de carotenóides na ausência de ácidos graxos insaturados e de antocianinas, além de catalisar (grupo heme) a degradação não-enzimática de ácidos graxos insaturados, com a conseqüente formação de compostos voláteis (sabor oxidado).

A atividade da peroxidase está associada ao aparecimento de sabores estranhos em alimentos termicamente processados de maneira inadequada, sem que ocorra a inativação da enzima (Araújo, 1995).

O pH ótimo para atividade da peroxidase varia com a fonte, oscilando de 3,0 a 7,0. A atividade da enzima pode deteriorar frutos e hortaliças em temperaturas baixas, como -18°C. Em baixos níveis de umidade, o desenvolvimento de off-flavors é freqüentemente associado com o efeito oxidativo da peroxidase em lipídeos e fenólicos constituintes dos alimentos.

Frutas e vegetais armazenados, mesmo à temperatura de congelamento, podem se deteriorar em razão da presença de certas enzimas. Conseqüentemente,

os vegetais e algumas frutas, para serem preservados por enlatamento, congelamento ou desidratação, são, em sua maioria, branqueados para inativar as enzimas (Araújo, 1995).

Sabendo-se que para a atividade ideal da peroxidase o pH ótimo é aquele próximo ao da neutralidade, o uso de ácido ascórbico e suco de limão revelam-se como dois excelentes antioxidantes, pois a alta acidez dos mesmos retarda a atividade das enzimas. O ácido ascórbico atua reduzindo a formação do composto quinona, prevenindo a formação de coloração marrom.

A peroxidase é considerada uma das enzimas mais termorresistentes, de forma que, quando inativada, certamente as demais enzimas e os microorganismos patogênicos terão sido também destruídos. Na maioria dos casos, o branqueamento entre 90-100°C/3,0 min é o suficiente para destruí-la (Araújo, 1995).

Sabe-se que as taxas de reativação e de inativação da atividade da peroxidase são dependentes de muitos fatores, como temperatura, tempo de branqueamento, pH, concentração de sal, etc.

O inibidor químico mais freqüentemente utilizado no controle da peroxidase na indústria é o dióxido de carbono ou sulfitos; pode-se, também, utilizar suco de limão, solução salgada, branqueamento e camada de açúcar.

A análise do modelo de mudanças na degradação de polissacarídeos e nas enzimas oxidativas de polifenóis durante o armazenamento de raízes de mandioca e o padrão da banda eletroforética de gel indicaram a presença de 7 isoenzimas da peroxidase em mandioca fresca (Padmaja e Balagopal, 1985). O padrão isoenzimático de raízes com descoloração vascular indicou 8 isoperoxidases. Mudanças nos polissacarídeos e polifenóis juntas podem ser descritas como um processo normal de deterioração.

As mudanças na atividade da peroxidase ocorrem durante o desenvolvimento da descoloração vascular, sendo estas mudanças

acompanhadas por um aumento na atividade da peroxidase total (Marriot, Plumbey e Rickard (1980).

Plumbey, Hughes e Marriot (1981) afirmam que tanto a deterioração microbiológica quanto a fisiológica estão associadas às enzimas peroxidases que são produzidas pelos tecidos em resposta a condições de stress. Variações na atividade da peroxidase podem ocorrer numa mesma raiz.

Ao analisar as diferentes seções da raiz de mandioca, as extremidades apresentaram atividades enzimáticas mais acentuadas, com aumentos na atividade da peroxidase nas regiões da ponta, meio e inserção das raízes da variedade IAC 1418 e aumento da deterioração fisiológica, sendo que os níveis basais (0º dia) e os aumentos da atividade da peroxidase foram menores na região mediana das raízes (Carvalho et al., 1985).

Há a formação de uma camada de lignina na superfície de discos das raízes, que aumenta paralelamente com o aumento da atividade da peroxidase. Em alguns casos, a camada de lignina ocorre nas partes marrons da descoloração, sendo que nestas partes marrons e nas áreas adjacentes a estas também foram detectadas as enzimas polifenoloxidasas (Tanaka et al., 1983).

O armazenamento pós-colheita em condições ambientais de raízes de mandioca proporcionou aumentos no grau da DF e na atividade da peroxidase. Tanto os valores de atividade quanto as alterações durante o armazenamento da enzima peroxidase foram superiores aos da enzima polifenoloxidase (Campos, 1987).

O aumento no grau de deterioração fisiológica com o período de armazenamento acha-se relacionado a acréscimos nos teores da polifenoloxidase, peroxidase e teores de fenólicos (Gimenez, 1991).

2.6 Deterioração das raízes

A mandioca é uma tuberosa extremamente perecível e o processo de deterioração inicia-se dentro de 48 h após a colheita, se deixada em armazenamento inadequado (Raja, Abraham e Sreemulanathan, 1978).

As raízes de mandioca são muito mais perecíveis que outras culturas radiculares, pois por funcionarem apenas como órgão armazenador e não como propagativo, não exibem dormência endógena (Coursey e Booth, 1977).


A alta perecibilidade das raízes de mandioca tem acarretado grandes perdas pós-colheita, limitando o período de comercialização das raízes e, conseqüentemente, proporcionando elevados prejuízos, o que onera esta cultura (Kato, Campos e Carvalho, 1988).

A deterioração é normalmente manifestada como decomposição dos tecidos, que é freqüentemente acompanhada por uma descoloração azulada e/ou estrias escuras do feixe vascular, resultado de reações enzimáticas, mas também pode estar associada à penetração de patógenos ao longo do feixe. O apodrecimento está associado com a rápida elevação da acidez na raiz, e conseqüentemente leva à impalatabilidade e inadequação para processamentos (Ingram e Humphries, 1972; Booth e Coursey, 1974).

As deteriorações de mandioca são atribuídas a razões fisiológicas e patológicas e também a injúrias mecânicas devido à colheita e manuseio impróprios (Booth, 1976b; Booth et al., 1976).

A extensão dos danos mecânicos nas raízes, que ocorre durante a colheita, é dependente do tipo e condição do solo, variedade, método de enraizamento da planta e cuidados com a operação de colheita (Maini e Balagopal, 1978).

A rápida deterioração pós-colheita, não patológica, da mandioca é essencialmente uma resposta a um ferimento, que particularmente neste vegetal não permanece localizada à superfície das feridas, mas se espalha por toda a



extensão da raiz, causando uma descoloração do tecido vascular e do parênquima de armazenamento (Booth, 1976a).

Dois estágios de deterioração, denominados primário e secundário, são identificados. O estágio inicial ocorre rapidamente depois da colheita, durante a qual a raiz desenvolve veias azuladas (Montaldo, 1973). Esta deterioração, de caráter fisiológico, tem sido estreitamente relacionada com as mudanças oxidativas das substâncias fenólicas e com as enzimas envolvidas na oxidação destes compostos (peroxidase e polifenoloxidase) (Carvalho et al., 1985; Padmaja, Balagopal e Potty, 1982b e Plumbley, Hughes e Marriott, 1981).

O estágio seguinte é a deterioração secundária, de caráter microbiológico, causadora de vários tipos de podridões (Balagopal et al., 1980; Booth et al., 1976; Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang, 1982b; Sivan, 1979). Neste estágio, a raiz torna-se macia, sofre descoloração e também desenvolve odor desagradável.

2.6.1 Deterioração fisiológica

As mudanças que ocorrem nas raízes logo após a colheita são manifestadas inicialmente por uma descoloração interna. Apresentam-se inicialmente como finas estrias vasculares azul-escuras, que aumentam em intensidade, difundindo-se pelo parênquima de armazenamento com uma descoloração marrom mais difusa, indicando que o tecido vascular ou xilema está diretamente envolvido (Rickard e Gahan, 1979). Podem ocorrer também modificações nos tecidos, formando lesões brancas e secas (Booth, 1976b; Montaldo, 1973; Raja, Abraham e Sreemulanathan, 1978; Rickard, 1985). Os primeiros sintomas ocorrem de 24 a 48 horas após a colheita (Noon e Booth, 1977).

A ocorrência de estrias vasculares em raízes de mandioca parecem estar primariamente relacionadas ao estresse hídrico no tecido, sendo que o oxigênio participa secundariamente na reação de descoloração (Aracena et al., 1993).

Uma forte associação tem sido observada entre o início da DF e a ocorrência de várias formas de danos mecânicos que sempre ocorrem na colheita e manuseio das raízes (Booth, 1976a) e também a um caráter próprio da cultivar ou da variedade (Iglesias et al., 1996).

Mudanças fisiológicas e bioquímicas de raízes de mandioca após a colheita são devidas à ativação de enzimas preexistentes, efeito nos lipídeos das membranas, expressão de genes, e a transmissão de sinal dos sítios injuriados (Beeghing et al., 1994).

O estudo da natureza bioquímica da deterioração de raízes durante o curso da deterioração após colheita mostrou uma redução rápida no amido e na umidade, bem como aumento na matéria seca e conteúdo de açúcar (Maini e Balagopal, 1978).

As estrias azuis na periferia das raízes aparecem quando os polifenóis das raízes foram oxidados pelas polifenoloxidasas e peroxidases. Os produtos resultantes - quinonas- sendo altamente reativos imediatamente, complexam com moléculas celulares menores para formar pigmentos que são depositados em feixes vasculares, causando o fenômeno das estrias vasculares (Balagopalan e Padmaja, 1984).

Ferimentos em raízes de mandioca levam a um aumento da atividade da fenilalanina amônia liase, peroxidase e polifenoloxidase; formação de fenóis e polifenóis incluindo leucoantocianidinas, catequinas, escopoletina e taninos condensados e, freqüentemente, à formação de uma periderme no local do ferimento (Uritani et al., 1984 e Rickard, 1985).

Antes mesmo que os sintomas da DF sejam visíveis, pode-se observar, com luz ultra-violeta, uma fluorescência azul-brilhante na raiz, que se deve ao

composto fenólico escopoletina, que é uma indicação segura de que a deterioração está para começar (Rickard, 1985).

Além da condensação de polifenóis, pode haver também a síntese destes compostos com o aumento de deterioração fisiológica (Carvalho et al., 1985).

Os polifenóis e compostos fluorescentes foram identificados como cumarinas, escopoletina, escopolina, esculina e catequina, produzidos em raízes de mandioca injuriadas e podres, e as enzimas (invertase ácida, fenilalanina amônia liase, peroxidase), participando na produção de metabólitos secundários (Uritani, Data e Tanaka, 1984).

O principal polifenol foi a D-catequina. Em resposta à injúria houve a formação de invertase ácida, fenilalanina amônia liase e aumento da atividade da peroxidase. Estas enzimas foram também ativadas em tecidos não infectados adjacentes à região de podridão (Uritani et al., 1983).

A escopoletina é oxidada pelas peroxidases na presença de peróxido de hidrogênio e gera produtos de oxidação pigmentados (Reigh, Wender e Smith, 1974).

O tempo de armazenamento de raízes de mandioca pode ser prolongado pela seleção de raízes morfológicamente mais resistentes ao dano mecânico e cuidados durante a colheita e transporte (Booth, 1976a e Rickard, 1985).

Resultados experimentais mostraram que deterioração fisiológica pode ser prevenida tanto pela poda das plantas 2-3 semanas antes da colheita como embalando-se as raízes em embalagens de papel envolvidos em polietileno após a colheita. A deterioração microbiológica pode ser prevenida pelo tratamento de imersão das raízes com fungicidas de largo espectro (Lozano, Cock e Castaño, 1978).

O armazenamento de raízes inteiras de três cultivares de mandioca por 7 dias em condições ambientais mostrou que raízes com alto teor de polifenóis apresentaram maiores índices de atividade das enzimas peroxidase e

polifenoloxidase e que as alterações nos constituintes químicos durante o armazenamento eram de caráter varietal (Campos e Carvalho, 1990).

2.6.2 Deterioração microbiológica

A deterioração secundária ou microbiológica ocorre normalmente após o início da deterioração primária, iniciando-se de 5 a 7 dias após a colheita (Noon e Booth, 1977). As raízes desenvolvem podridão microbiana, com amolecimento e fermentação do tecido (Pacheco, 1952; Booth, 1976a; Noon e Booth, 1977; Raja et al., 1979).

Como resposta à infecção microbiana ocorre a síntese de alguns metabólicos secundários, como a coumarina e outros polifenóis, responsáveis pelo escurecimento dos vasos do xilema, situados em regiões próximas às áreas infestadas. As modificações, oriundas da deterioração microbiana, afetam mais acentuadamente a qualidade alimentar das raízes do que as atribuídas à deterioração fisiológica (Tanaka et al., 1983 e Uritani, Data e Tanaka, 1984).

O segundo estágio de deterioração é principalmente causado por microrganismos (Booth, 1976a), como *Pythium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium* e *Aspergillus*.

Os grupos de organismos que são freqüentemente encontrados em raízes de mandioca frescas após transporte são *Botryodiplodia*, *Circinella*, *Fusarium* e *Phomopsis*, conforme Ingram e Humphries (1972). Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang (1982b) observaram alguns fungos associados à deterioração microbiana, a partir do oitavo dia após a colheita, como pertencentes ao gênero *Verticillium*, *Fusarium*, *Aspergillus* e *Phytophthora*.

Dois tipos de podridão de raízes foram observadas, uma podridão seca causada por *Rhizopus* sp. sob condições aeróbicas, levando a uma descoloração e um tênue aumento na acidez, e uma podridão mole causada por *Bacillus* sp.,

sob condições anaeróbicas, havendo uma elevação rápida na acidez (Ingram e Humphries, 1972 e Booth, 1976a).

A deterioração do tecido, devida particularmente à infecção por injúria por *Lasiodiplodia theobromae*, *Trichoderma harzianum*, *Cylindrocarpon candidum*, *Aspergillus niger* e *A. flavus*, foi a principal causa da perda de raízes de mandioca armazenadas na Nigéria (Booth, 1976b).

A deterioração pós-colheita em raízes de mandioca também foi associada com infecção pré-colheita por *Rigidoporus lignosus*, *Phytophthora drechsleri* e muitos outros patógenos de podridão de raiz (Lozano e Booth, 1974).

Em alguns casos a deterioração secundária pode ser a causa inicial da perda de aceitabilidade, e quando isto acontece, freqüentemente o estriamento vascular e a descoloração dos tecidos radiculares podem ser quase simultâneos (Booth, 1976a).

Através do estudo do papel dos microrganismos na deterioração pós-colheita em raízes de mandioca, observou-se que não houve correlação entre o aparecimento de estrias azuis (deterioração fisiológica) e apodrecimento das raízes (Taniguchi et al., 1984).

No início da deterioração microbiológica pode ocorrer o aparecimento de um estriamento vascular semelhante ao observado na deterioração fisiológica, sendo diferenciado apenas porque, na primeira, as estrias aparecem ao redor da região infeccionada e não se distribuem na forma de anel (Kato e Souza, 1987).

Sugere-se que certos microrganismos no interior dos tecidos infectados possam elaborar enzimas que, por sua vez, degradam os polissacarídeos presentes, tornando disponíveis açúcares livres, para posterior crescimento e multiplicação de patógenos (Padmaja, Balagopal e Potty, 1982a).

Os teores de polifenóis em plantas aumentam como mecanismo de defesa às injúrias e/ou à própria senescência das raízes (Carvalho et al., 1985). Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang (1982b) não observaram correlação

significativa entre os teores de polifenóis em raízes recém-colhidas e o grau de deterioração microbiológica, concluindo que não é o teor desses compostos nas raízes no momento da colheita, mas a síntese mais ou menos acentuada destes compostos na presença de certos microrganismos, que confere diferentes graus de resistência às cultivares.

A deterioração microbiana também pode ser prevenida pelo tratamento das raízes com fungicidas de largo espectro, tais como Maneb em concentrações de 400g pa/100 l água, e hipoclorito de sódio a 2500g pv/100 l água (Lozano, Cock e Castaño, 1978).

2.7 Técnicas de preservação de raízes

A rápida natureza deteriorativa da mandioca tem atraído a atenção de muitos pesquisadores, que estudaram os benefícios da cobertura de raízes com ceras fúngicas no aumento da vida de prateleira (Subrahmanyam e Mathur, 1956).

A fumigação de produtos químicos aumentou também a manutenção da qualidade de raízes frescas (Majumder et al., 1956).

A manutenção de raízes frescas de tapioca (mandioca) foi possível em solo úmido, areia e mesmo em serragem, sem apodrecerem, além do uso de pilhas em campo entre fileiras de palhas e também em caixas contendo serragem (Booth, 1977). A conservação de raízes frescas em embalagens de polietileno também foi comprovada em uma temperatura ambiente de 23-30°C (Oudit, 1976).

Com o uso de técnicas moleculares para esclarecer eventos bioquímicos do processo de degradação das raízes de mandioca, a manipulação genética em melhoramento de cultivares de mandioca com capacidade de armazenamento superior foi considerada a mais apropriada solução para o problema (Wenham, 1995).

Algumas características qualitativas em raízes de mandioca armazenadas estão relacionadas ao efeito da variedade, idade da planta e suas interações, afetando significativamente a suscetibilidade à deterioração fisiológica, firmeza de raízes frescas descascadas, tempo de cocção, sabor e textura das raízes cozidas (Wheatley e Gómez, 1985).

2.7.1 Naturais

A preocupação com a rápida deterioração das raízes de mandioca após a colheita foi objeto de estudo de Castagnino (1943), que observou o aparecimento de listras azuis-escuro, devido provavelmente à oxidação, e um marcante gosto amargo. O autor desenvolveu uma técnica de conservação através da cobertura das raízes com parafina, que propiciou o armazenamento das raízes por dois meses. Em raízes conservadas por esta técnica, estrias vasculares e podridão foram detectadas após 14 dias nas não tratadas e raízes tratadas com cera de carnaúba, cera de petróleo e com goma xantana (Sargent, Correa e Soares, 1995).

As coberturas com parafina e o armazenamento em materiais que preservam a umidade ou armazenamento a frio conseguiram reduzir as perdas como as manchas no tecido, mas parte do tratamento com parafina se considerou inapta para o mercado (Thompson e Arango, 1977).

A forma mais freqüente de retardar a deterioração pós-colheita de raízes de mandioca é deixar as plantas no solo; e uma vez colhidas, devem ser utilizadas imediatamente ou processadas para obter um produto seco, que tem uma vida de armazenamento maior (Booth, 1976a e 1977).

Como acontece com outras raízes e tubérculos, as raízes de mandioca podem ser curadas, prevenindo-se a iniciação da deterioração primária. A cura ocorre entre o 4º e 9º dia, a altas umidades relativas e a temperaturas entre 25°C e 40°C. Durante o armazenamento pode ocorrer conversão de amido a açúcares,

redução nos níveis de HCN e a cura pode possibilitar um aumento na vida de prateleira (Booth e Coursey, 1974).

Existem técnicas simples de armazenamento de mandioca fresca usando caixas ou amontoados cobertos de palha e solo (Booth, 1977), podendo o período de armazenamento ser estendido por até 2-3 meses (Hayma, 1982). A preservação em serragem úmida (40-50% umidade até 30 dias sem qualquer mudança bioquímica) pareceu ser mais promissora do que o uso de pó de fibra ou turfa (Balagopal, 1979).

Os níveis de carboidratos se mantêm relativamente constantes por um período de armazenamento de oito semanas, assim como uma pequena redução do teor de HCN durante 6-8 semanas de armazenamento, tanto em silos de campo como em caixas de armazenamento (Booth, 1976b). Estas mudanças se refletem em sabor mais doce e menos amargo, nas raízes armazenadas, em relação às recém-colhidas da mesma variedade. Após oito semanas de armazenamento ocorre um ligeiro amolecimento dos tecidos radicais, sendo este o tempo limite para que as raízes ainda apresentassem qualidade aceitável para o consumo humano. Depois de dois ou mais meses, este amolecimento, principalmente no centro da raiz, se intensifica e pode causar perdas na aceitabilidade. As raízes armazenadas requerem também um tempo de cocção maior, têm freqüentemente uma textura mais firme e são um pouco mais duras que as raízes recém-colhidas.

Raízes armazenadas por 40 dias em embalagens de sisal obtiveram 100% de perda, enquanto 43% das raízes armazenadas em embalagens de sisal envolvidos por embalagens de polietileno (preto ou branco) foram perdidas (Delgado, 1978). As raízes não danificadas tinham flavor aceitável, embora algumas se apresentassem ligeiramente doces.

Raízes de mandioca foram também armazenadas a 30°C em embalagens de polietileno preto perfuradas, por 30 dias, e somente uma pequena porcentagem das raízes foi danificada por estrias vasculares.

A durabilidade pós-colheita de raízes frescas de variedades de mandioca foi aumentada com o armazenamento em serragem úmida, casca de arroz, serragem e areia úmida (Sivan, 1979 e Quevedo, Data e Dizon, 1985).

2.7.2 Atmosfera modificada

O efeito do armazenamento das raízes de mandioca em condições de atmosfera modificada não tem sido objeto de muitos estudos. Atmosferas com reduzidos níveis de oxigênio reduzem a extensão do acúmulo de CO₂ e a taxa de conversão de sacarose em hexose durante o armazenamento (Parkin e Schwobe, 1990).

A embalagem em filmes de polietileno exerce controle sobre os níveis de O₂ e CO₂, aumentando a vida de armazenamento dos produtos através da diminuição da taxa respiratória.

Vários autores têm comprovado a eficiência do acondicionamento das raízes em embalagens de polietileno no controle da deterioração fisiológica em raízes de mandioca (Paranaíba, 1993). Quando raízes inteiras foram armazenadas por 27 dias em embalagens de polietileno e serragem úmida, após imersão em maneb, ácido ascórbico e água, observou-se redução de perdas de peso, redução na concentração do oxigênio e aumento de gás carbônico dentro da embalagem, e, conseqüentemente, redução da atividade respiratória (Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior, 1985a e Rickard e Coursey, 1981).

O desenvolvimento de estrias negras é causado por processos enzimáticos oxidativos, e quando as raízes são armazenadas em condições modificadas (embalagens de polietileno seladas), há o aparecimento de estrias

negras (19%) após 15 dias de armazenamento e apodrecimento bacteriano devido às condições anaeróbicas (Averre, 1970).

Ao usar embalagens de polietileno fechadas, há a preservação da qualidade de mandioca por um período de 4 semanas, sem apresentar deterioração radicular ou vascular (Oudit, 1976 e George e Browne, 1994).

Levando em consideração que o alto conteúdo de água da mandioca a torna um produto difícil de ser armazenado, embalagens de polietileno com espessura de 0.001 e 0.002 mil μ e 2 a 4 orifícios mostraram-se apropriados para armazenar raízes de mandioca (Quevedo, Data e Maturan, 1986).

Ao serem comparadas as mudanças na qualidade de raízes inteiras de mandioca fresca, raízes acondicionadas em embalagens de polietileno foram superiores, em relação à deterioração fisiológica, àquelas armazenadas em chão de terra (George e Brownw, 1994).

Em ensaios de armazenamento de raízes de mandioca da cultivar Mantiqueira em embalagens de polietileno, as raízes mostraram-se em boas condições no que se refere à porcentagem de cocção e aparência até o 27^o dia de armazenamento (Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior, 1985a).

O uso da embalagem de polietileno na conservação de raízes inteiras diminuiu a deterioração fisiológica e a porcentagem de perdas de peso da cultivar Baiana (Campos, Kato e Carvalho, 1986).

Raízes de mandioca da cultivar Baiana conservadas em embalagens com espessura 150 μ não desenvolveram deterioração fisiológica. Observou-se, durante 9 dias de armazenamento, redução da atividade da peroxidase, porcentagem de ácido dehidroascórbico em relação à vitamina C total e na própria deterioração fisiológica (Kato, Campos e Carvalho, 1988).

A conservação de raízes "in natura" de mandioca de mesa em embalagem plástica é observada através da manutenção da umidade relativa em

torno de 85%, prevenindo a deterioração fisiológica, mas favorecendo a microbiana (Borges e Fukuda, 1991).

Raízes das cvs. Forastera e Serralés, podadas e colhidas no mesmo dia e armazenadas em embalagens de polietileno, foram aceitáveis nos distintos atributos de qualidade avaliados aos 6 e 12 dias pós-colheita. As raízes colhidas 3 semanas após a poda e armazenadas sem embalagens de polietileno também foram aceitáveis para os provadores (González et al., 1991)

2.7.3 Resfriamento

Temperaturas baixas e altas no armazenamento afetam a deterioração. O dano conhecido como "chilling" pode ocorrer a 12°C, manifestado pela quebra do tecido, aumento da perda de água, suscetibilidade à podridão e mudanças na qualidade culinária (Ingram e Humphries, 1972).

O armazenamento de raízes frescas de mandioca sob diferentes níveis de temperaturas baixas levou a uma diminuição de perda por putrefação a 3°C (Czyhrinciw e Jaffé, 1951).

As raízes de mandioca podem ser conservadas a frio e congeladas (Neelakantan e Manimegalai, 1980). Também há a possibilidade de conservar as raízes de mandioca em geladeira por vários dias, após picadas, descascadas e cozidas, em temperatura poucos graus acima de zero (Andrade, Rocha e Correa, 1979), enquanto a refrigeração foi considerada prática somente para exportação ou para experimentação (Balagopal, 1979).

2.7.4 Congelamento

Raízes de mandioca descascadas, armazenadas em pedaços e em embalagens de polietileno, apresentaram bons resultados em relação à textura e cor quando armazenadas inteiras sob condições de congelamento (-22°C) (Paschoalino et al., 1980).

2.7.5 Branqueamento

O branqueamento tem como princípio o calor que é aplicado ao alimento, desnaturando as enzimas envolvidas, tornando-as ineficazes. Não é prática recomendada para alimentos que tendem a mudanças no sabor.

Durante os últimos 30 anos, os alimentos manufaturados e dos setores de varejo têm sido desenvolvidos para servir às necessidades dietéticas de grandes centros populacionais. Isto tem aumentado o uso do processo de branqueamento para posterior congelamento, atingindo um grande número de produtos, como ervilhas, feijões, couves-flores, raízes e espécies de *Brassicas*. As técnicas de branqueamento são geralmente executadas utilizando-se a imersão em água fervente em tempos pré-fixados, seguidos de um rápido resfriamento e congelamento do produto (Robinson e Eskin, 1991).

O branqueamento (fervura por 3 minutos) prévio da cultivar Pioneira antes de congelamento foi aconselhável por melhorar o sabor do produto congelado e reduzir o teor de HCN (Cereda et al., 1990).

Apesar da importância dos alimentos processados e do uso crescente daqueles denominados minimamente processados, não foram encontrados, nas fontes bibliográficas consultadas, trabalhos de pesquisa relativos à refrigeração de mandioca após descascamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparo das amostras

Para realização do presente estudo foi utilizada uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), denominada Baianinha, pertencente aos ensaios do Departamento de Agricultura/UFLA. A cultivar Baianinha é resultante de cruzamento da cultivar Baiana, de características produtivas semelhantes à cultivar em estudo.

As raízes foram colhidas no dia 29.07.1999, quando as plantas estavam com 10 meses de idade, em seguida foram transportadas no mesmo dia até o Laboratório de Grãos e Cereais - DCA/UFLA.

Foram tomados todos os cuidados nas etapas de colheita, pós-colheita e transporte, evitando, assim, possíveis danos nas raízes.

As raízes foram selecionadas previamente, descartando aquelas que apresentaram injúrias. A seguir foram lavadas em água corrente, descascadas e despeliculadas manualmente, com posterior sanitização com solução de hipoclorito de sódio (150ppm) por 1 minuto.

3.2 Experimento e procedimento experimental

Após o beneficiamento, efetuou-se o descarte das pontas das raízes e o corte em cilindros de aproximadamente 10cm de comprimento. Os tratamentos aplicados foram:

- 1 Raízes com branqueamento, em embalagem de polietileno com vácuo;
- 2 Raízes com branqueamento, em embalagem de polietileno sem vácuo;
- 3 Raízes sem branqueamento, em embalagem de polietileno com vácuo;
- 4 Raízes sem branqueamento, em embalagem de polietileno sem vácuo.

O branqueamento foi realizado com a imersão dos cilindros em água fervente, em recipiente de aço inoxidável, por 30 segundos. Após retirada do excesso da água superficial e resfriamento, aproximadamente 200g de raízes em pedaços foram acondicionados em embalagens de polietileno de 100 micras, com capacidade para 2 kg. Nos tratamentos à vácuo, utilizou-se uma bomba de vácuo e as embalagens foram fechadas manualmente, com nó apertado.

Os materiais foram armazenados em câmara fria a $8^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, com UR de $85\% \pm 3\%$, localizada na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Lavras/MG, sendo os materiais armazenados por períodos de até 18 dias.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial $2 \times 2 \times 9$, constituído por 2 níveis de branqueamento (com branqueamento e sem branqueamento), 2 níveis de vácuo (com vácuo e sem vácuo) e 9 períodos de armazenamento (0, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias).

3.3 Análises físico-químicas e químicas

Para análise do tempo de cocção, umidade, sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável, as amostras foram avaliadas logo após a retirada do ambiente de armazenamento, assim como o extrato para o doseamento da vitamina C total. Para as demais análises químicas, como amido, açúcares totais, redutores e não redutores, atividades da polifenoloxidase e peroxidase, as amostras foram retiradas da embalagem e congeladas em nitrogênio líquido, sendo a seguir armazenadas a -25°C , para posterior avaliação.

3.3.1 Umidade

O teor de umidade das raízes trituradas foi determinado gravimetricamente em estufa a 65°C, durante 48 horas. Os resultados foram expressos em %, base fresca.

3.3.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Determinados em refratômetro de bancada Abbe modelo 2 WAJ, conforme normas da AOAC (1990). Os resultados foram expressos em °Brix.

3.3.3 Acidez total titulável (ATT) e pH

A acidez total titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1N de acordo com técnica descrita pelo AOAC (1990) e expressa em mL de NaOH 0,1N.100g de amostra⁻¹. A partir do mesmo extrato, o pH foi medido utilizando-se peagâmetro marca DIGIMED-MD20.

3.3.4 Vitamina C total

Foi determinada pelo método de Roe e Kueter, citados por Strohecker e Henning (1967). Amostras de 5g de raízes trituradas foram homogeneizadas com 45mL de ácido oxálico 0,5%, acrescentando-se kiesselgur. O extrato foi filtrado e congelado em frasco âmbar para avaliação do teor de vitamina C. Para o doseamento, utilizou-se 1mL do filtrado para 3mL de solução de ácido oxálico 0,5%, determinando-se o ácido ascórbico após a oxidação a ácido dehidroascórbico, com 2,4-dinitrofenilhidrazina. Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹.

3.3.5 Açúcares totais (AT) e redutores

Foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinados pelo método redutométrico de Somogy, adaptado por Nelson (Southgate, 1991). Os resultados foram expressos em g glicose.100g⁻¹.

3.3.6 Açúcares não redutores

Foram calculados por diferença entre os açúcares totais e os açúcares redutores, multiplicando-se por 0,95. Como a maior parte dos açúcares não redutores é constituída de sacarose, assumiu-se esta fração dos açúcares totais como sendo sacarose. Os resultados foram expressos em g de glicose.100g⁻¹.

3.3.7 Amido

Foi extraído por hidrólise ácida segundo a técnica da AOAC (1990) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em %.

3.3.8 Atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO)

Foi determinada de acordo com técnica descrita por Ponting e Joslyn (1948), com modificações para mandioca. O extrato enzimático foi obtido pela homogeneização de 10g de amostra triturada para 50mL tampão fosfato 0,05M, pH 7,0. Após a filtragem em papel de filtro Whatman n°1, tomou-se 1,0 mL do extrato enzimático, 3,6 mL tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e incubou-se com 0,1 mL catecol 10 mM por 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida pela adição de 1,6 mL ácido perclórico 2N. Procedeu-se a leitura dos valores de absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 395 nm. A atividade foi expressa em U.g⁻¹. minuto⁻¹.

3.3.9 Atividade enzimática da peroxidase (PER)

Foi determinada de acordo com a técnica descrita por Ferhmann e Diamond (1967), com modificações para mandioca, para a qual se utilizou o mesmo extrato do doseamento de atividade da polifenoloxidase. Para o doseamento, utilizaram-se 3,0 mL extrato enzimático; 5,0 mL tampão fosfato-citrato 0,2M (pH 5,0); 0,5 mL H₂O₂ 3%, incubados com 0,5 mL guaiacol, a 30°C por 5 minutos. Interrompeu-se a reação pela adição de 1,0 mL bissulfito de sódio 30% e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 470 nm. A atividade foi expressa em U. g⁻¹. minuto⁻¹.

3.4 Tempo de cocção

O tempo de cozimento foi medido usando-se 50g de raízes em pedaços em 1000mL de água em ebulição até que o material não apresentasse resistência à perfuração por garfo de aço inoxidável. Os resultados foram expressos em minutos.

3.5 Deterioração fisiológica

A deterioração fisiológica foi avaliada através de acompanhamento visual das raízes armazenadas.

3.6 Deterioração microbiológica

A deterioração microbiológica foi avaliada, numa primeira etapa, por observação visual das colônias formadas e posterior confirmação do agente etiológico através de observação em microscópio estereoscópico e ótico, no Laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Lavras (MG).

3.7 Análise estatística dos dados

Os valores obtidos das várias características físico-químicas e químicas foram avaliados de acordo com o modelo apropriado para o experimento fatorial com três fatores. As análises estatísticas foram realizadas usando o software SISVAR. Quando houve efeito significativo de branqueamento e vácuo, bem como suas interações, as suas respectivas médias foram comparadas usando-se o teste de Tukey (5%). Quando ocorreu efeito significativo de períodos, foi utilizada a análise de regressão para avaliar o comportamento das características avaliadas em função do tempo de armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão expressos em relação à matéria fresca e os quadrados médios das análises de variâncias (ANAVA) e respectivos níveis de significância para todas as variáveis analisadas constam do ANEXO A.

4.1 Tempo de cocção

Observou-se diferença significativa dos tempos de cocção das raízes em função dos períodos de armazenamento (Tabela 1), mesmo com reduzida amplitude de valores.

TABELA 1 Valores médios do tempo de cocção (min.) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
Tempo de cocção (min.)	24,85	25,00	25,16	25,32	25,80	26,27	26,75	27,23	27,70

Houve diferença significativa entre as raízes de mandioca sem branqueamento e com branqueamento, mostrando que o processamento a quente, por pouco tempo, afetou as raízes, aumentando o tempo de cocção de 24,7 para 27,3min., respectivamente (Tabela 2). Entretanto, apesar das raízes branqueadas terem aumentado o tempo de cocção, esse não excedeu 30 min., enquadrando a cultivar Baianinha no padrão de cozimento regular de acordo com a classificação proposta por Pereira, Lorenzi e Valle (1985), em

concordância com Campos, Kato e Carvalho (1986). Estes últimos observaram que as raízes da cultivar Baiana apresentaram baixas porcentagens de cocção aos 3 dias após o armazenamento em embalagem de polietileno.

TABELA 2 Valores médios do tempo de cocção (min.) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Tempo de cocção (min.)
Com branqueamento	27,28 a ¹
Sem branqueamento	24,74 b
Com vácuo	26,20 A
Sem vácuo	25,82 A

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Não houve diferenças significativas ao compararmos o acondicionamento das raízes em embalagens com e sem vácuo, assim como efeitos interativos entre os fatores (Tabela 2).

Ferreira (1986), ao estudar o efeito do armazenamento pós-colheita em condições ambientais na cocção das raízes de algumas cultivares de mandioca, observou que as características de viscosidade do amido, das amostras cozidas e cruas indicaram uma maior resistência ao cozimento com o decorrer do armazenamento. Comportamento semelhante foi observado por Paranaíba (1993), que constatou acréscimos no tempo de cocção da cultivar Baiana no decorrer do período de armazenamento, em condições ambientais.

O tempo de cocção médio das raízes de mandioca da cultivar Baianinha foi de 26,0 minutos durante os 18 dias de armazenamento, semelhante ao encontrado por Pequeno (1992), com 26,5 minutos para a cultivar Baiana, e

também por Paranaíba (1993), que ao testar a cultivar Baiana, encontrou valores dentro da faixa de 23,95 a 31,47 para raízes frescas.

4.2 Umidade

Não houve diferença significativa na avaliação do teor de água das raízes no decorrer dos períodos de armazenamento (Tabela 3). Também não foi detectado efeito significativo entre os tratamentos, ou seja, os processamentos testados, branqueamento e embalagem com atmosfera modificada (com vácuo) não influenciaram o teor de umidade das raízes (Tabela 4).

TABELA 3 Valores médios da umidade (%) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Umidade (%)	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
	57,69	57,86	57,13	56,42	56,26	57,24	57,01	56,58	56,90

TABELA 4 Valores médios da umidade (%) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Tempo de cocção (min.)
Com branqueamento	57,09 a ¹
Sem branqueamento	56,94 a
Com vácuo	57,21A
Sem vácuo	56,81A

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

O teor médio de umidade das raízes de mandioca cultivar Baianinha neste trabalho foi de 57,01%, valor mais elevado que o encontrado por Pequeno (1992), de 52,13% em raízes frescas da cultivar Baiana. Ferreira (1986), ao estudar três cultivares de mandioca armazenadas pós-colheita em condições de temperatura e umidade relativa ambientes, constatou que após 4 dias de armazenamento, houve uma tendência de diminuição nos teores de umidade, também sem diferença significativa entre os dias analisados, variando de 56,43%. a 57,95

4.3 Sólidos solúveis totais (SST)

Houve variação significativa dos teores de SST tanto no decorrer dos períodos de armazenamento (Tabela 5) quanto nas raízes com e sem branqueamento (Tabela 6).

TABELA 5 Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

SST (°Brix)	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
	2,13	2,48	2,43	2,53	2,16	2,27	2,15	1,87	2,26

Não houve efeito da aplicação de vácuo sobre o teor de sólidos solúveis das raízes armazenadas (Tabela 6).

Observou-se também uma interação significativa entre os períodos de armazenamento e a aplicação do branqueamento, mas com comportamento

similar tanto para raízes com branqueamento como para raízes sem branqueamento (Figura 1).

TABELA 6 Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	SST (°Brix)
Com branqueamento	2,36 a ¹
Sem branqueamento	2,15 b
Com vácuo	2,27 A
Sem vácuo	2,24 A

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Durante os períodos de armazenamento, houve uma oscilação nos valores de SST das raízes, com queda nos valores de sólidos solúveis totais do 3º ao 15º dia (Figura 1). A partir do 14º dia houve um aumento dos valores de sólidos solúveis totais até o final do armazenamento.

Os teores de SST das raízes branqueadas foram superiores durante quase todo o período de armazenamento em relação às raízes sem branqueamento (Figura 1), só se igualando às raízes sem branqueamento no 17º e 18º dias. A média dos teores de SST das raízes com branqueamento foi de 2,36°Brix, enquanto a média das raízes sem branqueamento foi de 2,15°Brix.

□ __ Obranqueamento $y=0.0007x^3 - 0.0187x^2 + 0.0868x + 2.4669$ $R^2=0.7405$
 ■ __ Sbranqueamento $y=0.0009x^3 - 0.0247x^2 + 0.158x + 2.0351$ $R^2=0.517$

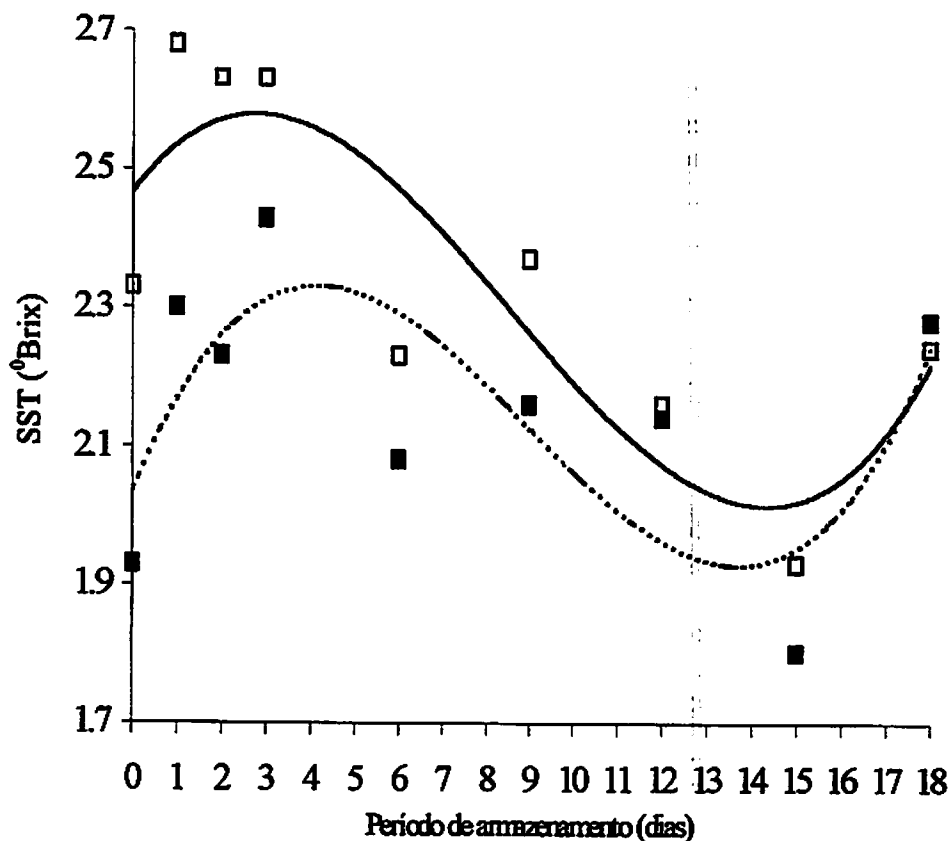


FIGURA 1 Representação gráfica e equações de regressão para teores de sólidos solúveis totais (SST) (°Brix) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

4.4 Acidez total titulável (ATT)

Observou-se diferença significativa nos teores de ATT durante os períodos de armazenamento (Tabela 7), mas não se detectaram efeitos

significativos ao aplicarmos branqueamento nas raízes e vácuo nas embalagens (Tabela 8).

TABELA 7 Valores médios de acidez total titulável (mL NaOH 0,1N.100g⁻¹ de amostra fresca) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
ATT (mLNaOH 0,1N.100g ⁻¹)	1,22	1,23	1,37	1,49	1,30	1,51	1,17	1,61	2,13

TABELA 8 Valores médios de acidez total titulável (mL NaOH 0,1N.100g⁻¹ de amostra fresca) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	ATT (mLNaOH0,1N.100g ⁻¹)
Com branqueamento	1,44 a ¹
Sem branqueamento	1,46 a
Com vácuo	1,45 A
Sem vácuo	1,44 A

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Interação significativa entre período de armazenamento das raízes e branqueamento foi observada, havendo uma oscilação dos valores de acidez nas raízes sem branqueamento, mas com aumento generalizado da ATT em ambos os tratamentos (Figura 2). O branqueamento não teve nenhum efeito no controle do aumento da ATT em raízes armazenadas sob refrigeração.

○ ___ C/branqueamento $y=0.0053x^2 - 0.0484x + 1.3113$ $R^2=0.745$
 ⊗ ___ S/branqueamento $y=0.001x^3 - 0.0227x^2 + 0.1429x + 1.2341$ $R^2=0.8572$

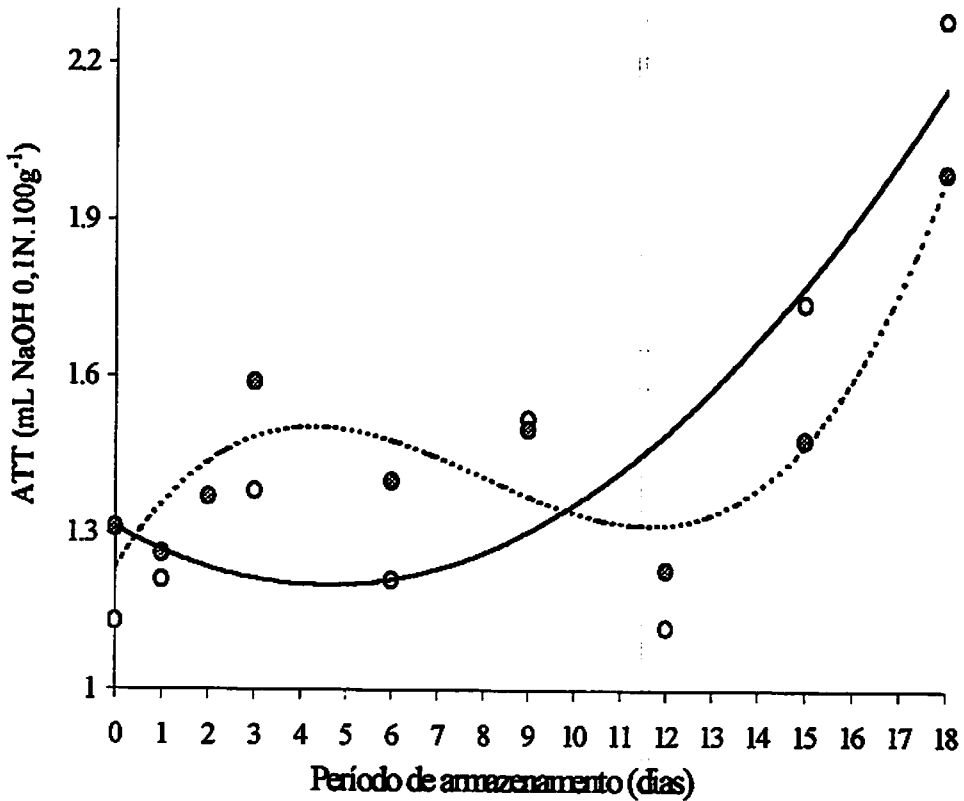


FIGURA 2 Representação gráfica e equações de regressão para teores de acidez total titulável (ATT) de raízes de mandioca (mL NaOH 0,1N.100 g⁻¹) com e sem branqueamento, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

Houve diferença significativa para ATT quando as raízes foram embaladas com e sem vácuo, em relação aos períodos de armazenamento (Figura 3). Os teores de acidez total titulável das raízes apresentaram comportamento semelhante a até aproximadamente o 9º dia de armazenamento,

com posterior decréscimo para aquelas embaladas com vácuo e elevação da ATT em raízes embaladas sem vácuo (Figura 3).

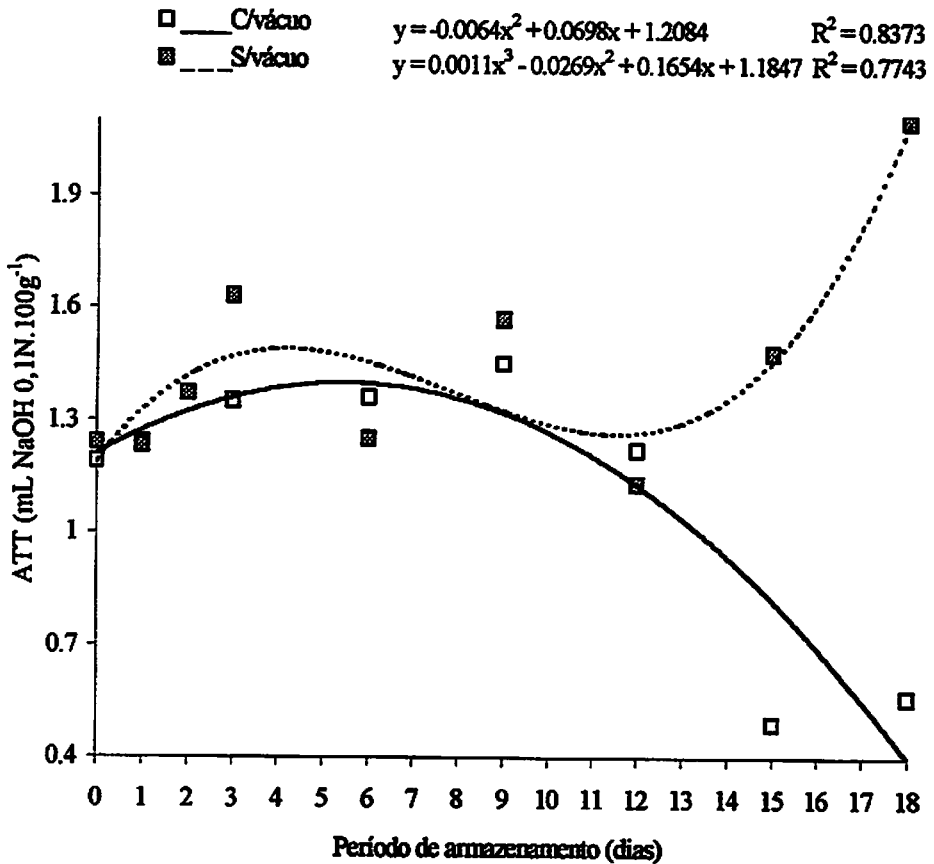


FIGURA 3 Representação gráfica e equações de regressão para teores de acidez total titulável (ATT) de raízes de mandioca (mLNaOH 0,1N.100 g⁻¹) embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

O aumento nos teores de acidez total titulável nas embalagens sem vácuo pode estar relacionado com o ambiente interno das embalagens, que propiciou, provavelmente, o início de um processo fermentativo das raízes.

Comportamento semelhante foi encontrado por Ferreira (1986) ao estudar o efeito do armazenamento nas raízes de algumas cultivares de mandioca por 4 dias em condições ambientais, quando constatou que a ATT decresceu significativamente (3,75 para 2,63 mL NaOH 0,1N.100g⁻¹ de amostra fresca).

Durante o armazenamento da cultivar Baianinha, detectaram-se alterações nos valores da ATT, os quais variaram entre 0,49 a 2,28mL NaOH 0,1N.100g⁻¹ de amostra fresca. Ferreira (1986) obteve de 2,63 a 3,75mL NaOH 0,1N.100g⁻¹ de amostra fresca ao estudar o efeito do armazenamento pós-colheita de algumas cultivares de mandioca, em condições ambientais.

Maini e Balagopal (1978), estudando 7 variedades de mandioca por 6 dias consecutivos de armazenamento, observou decréscimo na ATT durante o 2º e 3º dias de armazenamento, que foi acompanhado por um leve decréscimo durante o 4º dia de armazenamento, com a ocorrência simultânea de deterioração vascular. Quando a deterioração no armazenamento de raízes alcançou 50-60%, ocorreu um rápido aumento nos valores da ATT.

4.5 pH

Verificou-se que no decorrer dos períodos de armazenamento ocorreu variação significativa (Tabela 9), do mesmo modo como quando se aplicou o branqueamento e também quando se utilizou vácuo nas embalagens, havendo reduções nos valores de pH (Tabela 10).

Através da Figura 4, pode-se observar que houve interação significativa entre o período de armazenamento das raízes e o branqueamento, com um acréscimo inicial do valor de pH e posterior diminuição tanto para as raízes com branqueamento quanto para aquelas sem branqueamento.

Sarmiento (1989), ao armazenar raízes frescas de mandioca da cultivar Branca de Santa Catarina em temperatura ambiente, obteve também o mesmo comportamento.

TABELA 9 Valores médios de pH de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
pH	6,72	6,80	6,63	6,74	6,84	6,92	6,95	6,60	6,40

TABELA 10 Valores médios de pH de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	pH
Sem branqueamento	6,80 a ¹
Com branqueamento	6,66 b
Sem vácuo	6,78 A
Com vácuo	6,68 B

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

As raízes que não foram branqueadas obtiveram valores superiores de pH em relação àquelas que receberam o branqueamento (Tabela 10). Ferreira (1986), ao estudar o efeito do armazenamento de raízes frescas por quatro dias, observou também uma elevação nos valores desta variável. Os valores médios de pH das raízes variaram de 6,13 a 7,12, semelhantes aos encontrados por Ferreira (1986) ao armazenar raízes frescas por 4 dias consecutivos (6,41 a 6,91).

O comportamento observado para os valores de pH durante os primeiros dias de armazenamento deve-se, possivelmente, ao fato de que a taxa respiratória das raízes durante o período não deve ter sido muito elevada, evidenciando a função da embalagem de polietileno na formação de uma

atmosfera modificada propicia, evitando modificações intensas no metabolismo das raízes.

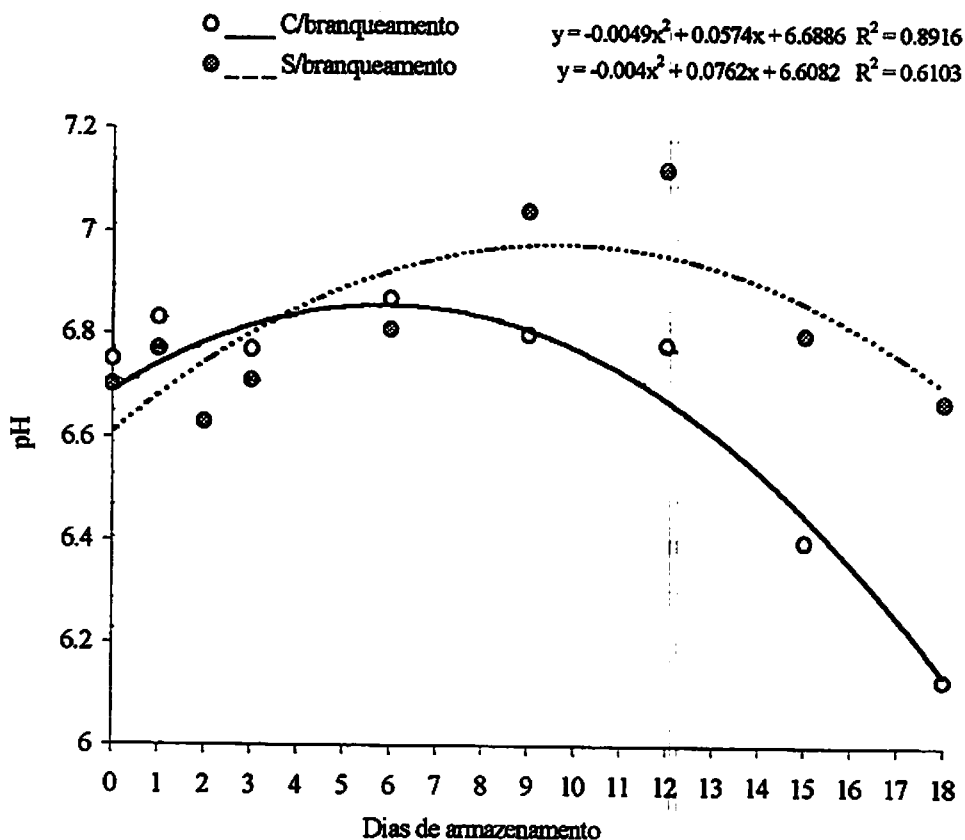


FIGURA 4 Representação gráfica e equações de regressão para pH de raízes de mandioca com e sem branqueamento, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

4.6 Vitamina C total

No presente estudo, não houve diferença significativa entre os teores de vitamina C total durante o período de armazenamento, ou seja, os teores de

vitamina C total encontrados foram estatisticamente semelhantes aos do dia da colheita (controle) (Tabela 11).

TABELA 11 Valores médios dos teores de vitamina C total ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
Vit.C total ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	41,57	36,22	40,02	37,72	37,64	42,19	38,83	38,4	37,34

Os tratamentos aplicados, branqueamento e embalagem com atmosfera modificada (com e sem vácuo), também não ocasionaram variações significativas para esta variável (Tabela 12). Pode-se deduzir que durante o período avaliado, a refrigeração exerceu um efeito benéfico em relação à vitamina C total.

O teor médio de vitamina C total (ácido ascórbico + ácido deidroascórbico) da cultivar Baianinha durante o experimento foi de $38,9\text{mg} \cdot 100\text{g}$ de polpa fresca⁻¹ ou $90,5\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ bs. Ogunsua e Adedeji (1979) observaram que em raízes de mandioca submetidas ao armazenamento e a diferentes métodos de cocção e fermentação, os valores de ácido ascórbico e deidroascórbico caíram de $110\text{-}147\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ bs e $70\text{-}85\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ bs, respectivamente, após 8 dias de armazenamento à temperatura ambiente, para 0-19 e $93\text{-}122\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ bs. Campos (1987) também encontrou valores de $25,70$ a $52,31\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em 3 cultivares de mandioca armazenadas em 5 períodos pós-colheita em condições ambientais. Coelho (1992), ao estudar 8 idades de

colheita em 3 cultivares de mandioca, observou que não houve diferença estatística entre elas e que a média foi de 55mg.100g⁻¹.

TABELA 12 Valores médios de vitamina C total (mg.100g⁻¹) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Vitamina C total (mg.100g ⁻¹)
Com branqueamento	39,11 a ¹
Sem branqueamento	38,65 a
Com vácuo	38,74 A
Sem vácuo	39,03 A

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

A redução do teor de vitamina C total durante o armazenamento foi relatada por Gimenez (1991) ao trabalhar com a cultivar Guaxupé em 3 épocas de armazenamento, em condições ambientais.

4.7 Açúcares totais (AT) e redutores

A análise estatística detectou efeito significativo nos teores de AT, durante o período de armazenamento (Tabela 13), com a aplicação do branqueamento e do vácuo (Tabela 14). Também foi observado efeito significativo na interação entre o período de armazenamento e os tratamentos branqueamento e embalagem com atmosfera modificada (com e sem vácuo) com relação aos teores de açúcares totais (Figura 5).

Em relação aos açúcares redutores, houve diferença significativa entre os teores durante o período de armazenamento (Tabela 15) e com a aplicação de branqueamento e vácuo (Tabela 16). Houve um acréscimo generalizado dos

teores de AT em todos os tratamentos no decorrer do período de armazenamento, sendo que este acréscimo dos AT pode ser atribuído ao aumento nos teores de açúcares redutores (Figura 5).

TABELA 13 Valores médios dos açúcares totais (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

AT (g glicose. 100g ⁻¹)	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
	1,49	1,50	1,81	1,61	2,03	2,25	2,22	2,10	2,33

TABELA 14 Valores médios de açúcares totais (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	AT (g glicose.100g ⁻¹)
Com branqueamento	2,0 a ¹
Sem branqueamento	1,8 b
Com vácuo	1,9 A
Sem vácuo	1,9 A

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Os teores de AT e açúcares redutores em raízes com branqueamento e com vácuo nas embalagens foram superiores em relação às raízes sem branqueamento e sem vácuo (Figuras 5 e 6).

◆	___ C/ branq C/ vácuo	$y = 0.0007x^2 - 0.0207x + 0.2107x + 1.4276$	$R^2 = 0.724$
■	___ C/ branq S/ vácuo	$y = -0.0089x^2 + 0.2056x + 1.3548$	$R^2 = 0.8135$
▲	___ S/ branq C/ vácuo	$y = 0.0361x + 1.543$	$R^2 = 0.7075$
×	___ S/ branq S/ vácuo	$y = -0.0029x^2 + 0.0838x + 1.4599$	$R^2 = 0.6158$

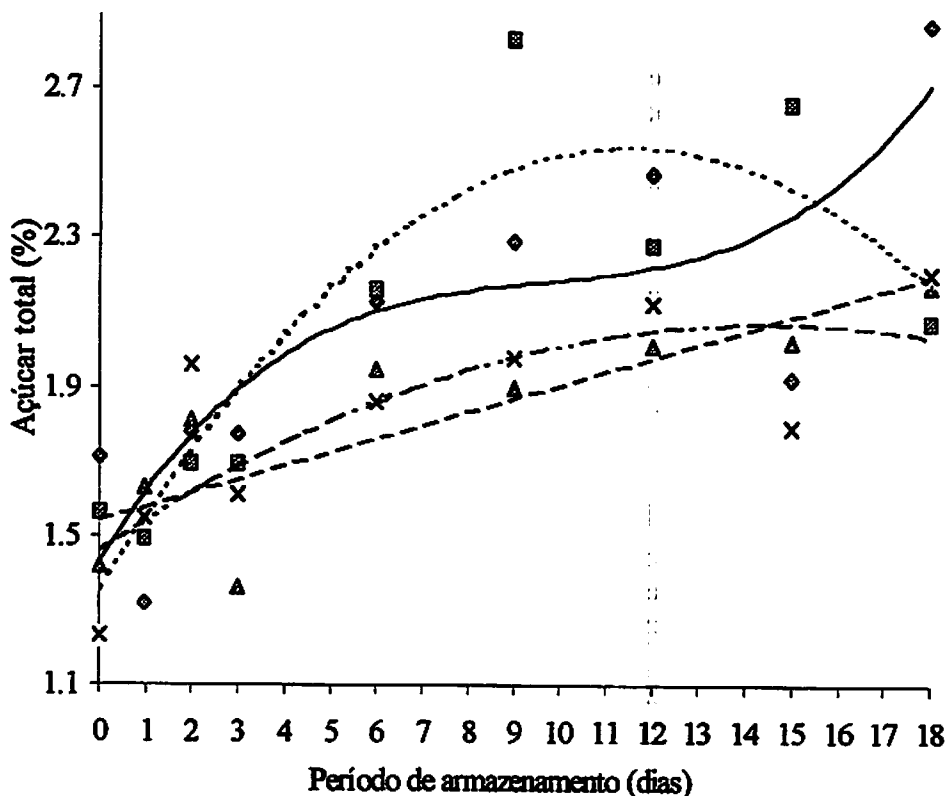


FIGURA 5 Representação gráfica e equações de regressão para açúcares totais ($\text{g.100g de polpa}^{-1}$) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento

Estes resultados confirmam os de Kawabata et al. (1986), que estudando o efeito do armazenamento e tratamento térmico nos constituintes glicídicos em mandioca (fervura, assamento, secagem), relatou que houve aumento dos açúcares totais. Já Borges, Carvalho e Fukuda (1992), estudando o efeito do

tratamento térmico na conservação pós-colheita de raízes inteiras de mandioca de mesa, observaram que houve redução significativa nos teores de amido e, conseqüentemente, aumentos significativos nos teores de açúcares.

TABELA 15 Valores médios dos açúcares redutores (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
Açúcares redutores (g glicose. 100g ⁻¹)	0,20	0,20	0,22	0,33	0,33	0,45	0,75	0,94	1,01

TABELA 16 Valores médios de açúcares redutores (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Açúcares redutores (g glicose.100g ⁻¹)
Com branqueamento	0,63 a ¹
Sem branqueamento	0,34 b
Com vácuo	0,52 A
Sem vácuo	0,45 B

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Nas raízes de mandioca sem branqueamento, a presença ou não de vácuo nas embalagens não afetou aparentemente o comportamento dos AT (Figura 5) e açúcares redutores (Figura 6).

Já em raízes branqueadas, os teores de AT elevaram-se significativamente até o final do armazenamento, quando embaladas com vácuo. Nas raízes embaladas sem vácuo, os teores de AT declinaram após 11,6 dias de armazenamento, quando apresentaram os maiores teores, no valor de 2,5% (Figura 5).

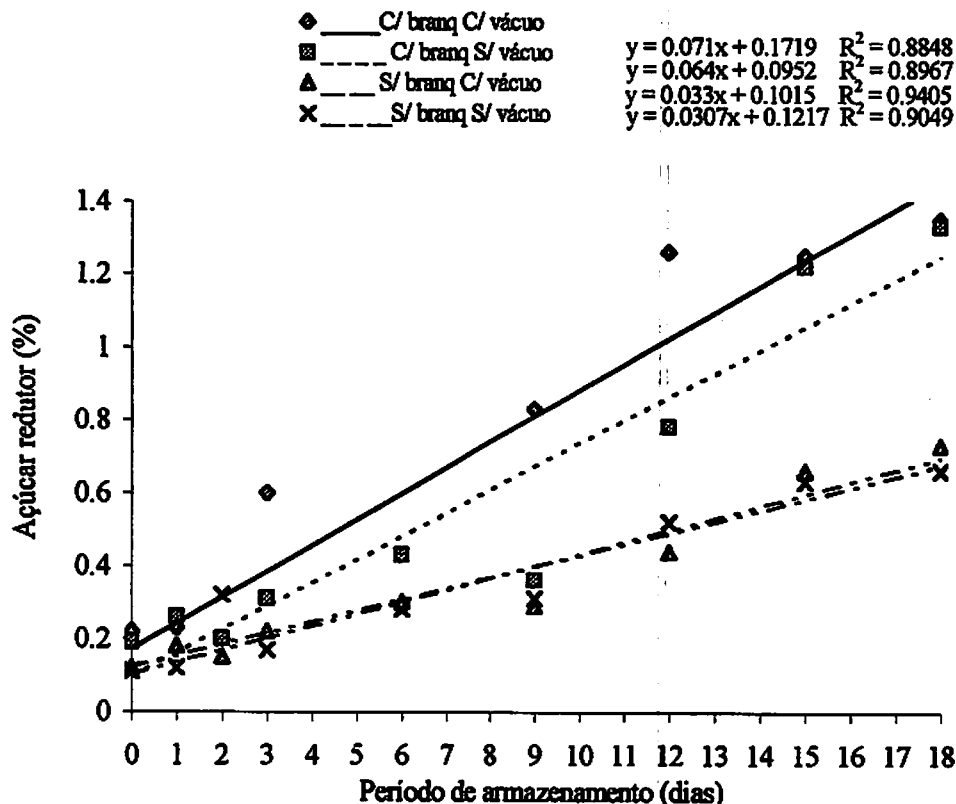


FIGURA 6 Representação gráfica e equações de regressão para teores de açúcares redutores ($\text{g glicose} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo, armazenadas sob condições de refrigeração, em função do período de armazenamento.

Os teores de açúcares redutores de raízes branqueadas e embaladas com e sem vácuo elevaram-se durante todo o período de armazenamento (Figura 6)

Quando se aplicou vácuo nas embalagens, houve acréscimo nos teores de AT no final do período de armazenamento, pois provavelmente o amido e açúcar estão em equilíbrio dinâmico e alguns açúcares são degradados a CO₂ com a respiração. Se algum fator interfere neste equilíbrio, a taxa de respiração e a conversão de açúcares para amido diminui, havendo acúmulo de açúcares nos tecidos e/ou hidrólise do amido (Willis et al., 1982).

Ao analisar os AT da cultivar Baianinha, observou-se variação de 1,23 a 2,87g glicose.100g de polpa⁻¹, valores semelhantes aos encontrados por Gimenez (1991), 1,04 a 2,87%, em seções distintas da cultivar Guaxupé, em 3 épocas de armazenamento à temperatura ambiente. Estes resultados têm uma amplitude maior do que os encontrados por Paranaíba (1993), 1,36 a 1,50%, em raízes de plantas da cultivar Baiana podadas, embaladas em polietileno.

Na avaliação de açúcares redutores, a variação foi de 0,11 a 1,35 g glicose.100g de polpa⁻¹, enquanto Coelho (1992) havia encontrado valores de 0,25 a 1,75% em raízes de 3 cultivares de mandioca em 8 idades de colheita. Campos (1987) relatou que 3 cultivares de mandioca armazenadas por 5 períodos distintos de pós-colheita apresentaram variação de açúcares redutores na faixa de 0,32 a 1,43%.

Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior (1985b), avaliando o efeito da embalagem de polietileno e serragem úmida associadas a tratamentos químicos, observaram que houve aumento nos teores de açúcares totais e redutores das raízes e que os aumentos nos teores de açúcares totais não corresponderam aos decréscimos nos teores de amido.

4.8 Açúcares não redutores

Os teores de açúcares não redutores apresentaram diferença significativa durante o período de armazenamento (Tabela 17) e em relação à embalagem com atmosfera modificada (com e sem vácuo) (Tabela 18).

TABELA 17 Valores médios dos açúcares não redutores (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
Açúcares não redutores (g glicose. 100g ⁻¹)	1,26	1,25	1,50	1,24	1,62	1,74	1,39	0,89	1,17

Os teores de sacarose ou açúcares não redutores variaram de 0,62 a 2,35g. 100g de polpa⁻¹, enquanto Coelho (1992) relatou que os teores médios de açúcares não redutores de 3 cultivares de mandioca em 8 idades de colheita variaram de 0,3 a 1,9%.

TABELA 18 Valores médios de açúcares não redutores (g glicose.100g⁻¹) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Açúcares não redutores (g glicose.100g ⁻¹)
Com branqueamento	1,33 a ¹
Sem branqueamento	1,34 a
Com vácuo	1,37 A
Sem vácuo	1,31 B

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

◆ ____ C/ branq C/ vácuo	$y = 0.0012x^3 - 0.0316x^2 + 0.2041x + 1.1233$	$R^2 = 0.3396$
■ ____ C/ branq S/ vácuo	$y = -0.0004x^3 - 0.0008x^2 + 0.1169x + 1.1636$	$R^2 = 0.709$
▲ ____ S/ branq C/ vácuo	$y = -0.0039x^2 + 0.0556x + 1.3145$	$R^2 = 0.3386$
× ____ S/ branq S/ vácuo	$y = 0.0011x^3 - 0.0335x^2 + 0.2631x + 1.0466$	$R^2 = 0.5228$

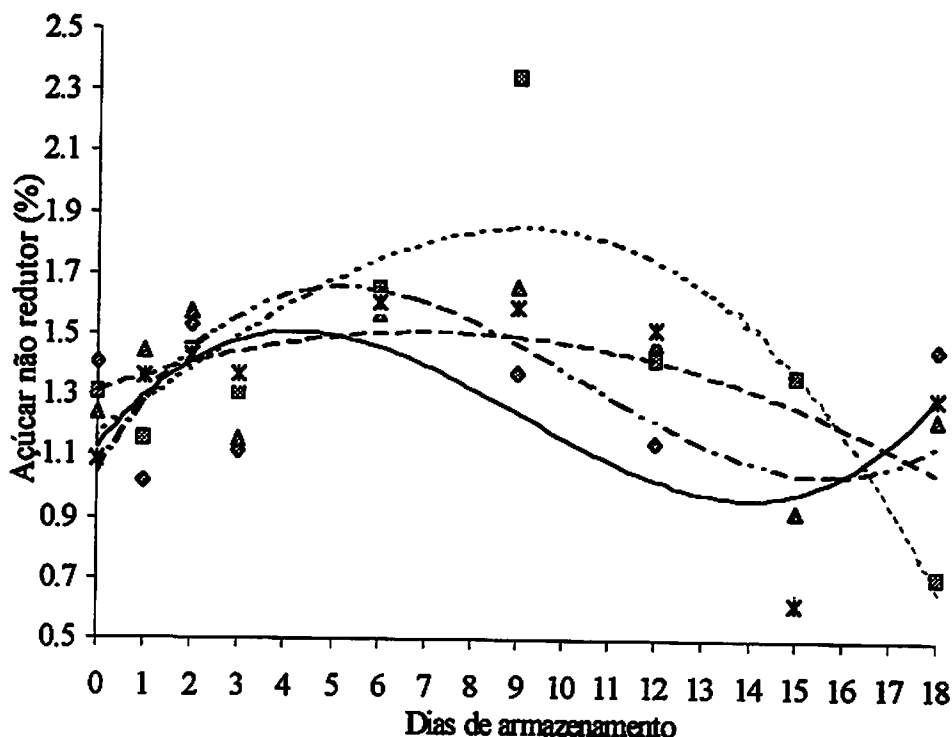


FIGURA 7 Representação gráfica e equações de regressão para teores de açúcares não redutores ($\text{g} \cdot 100\text{g de polpa}^{-1}$) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

É interessante observar que por volta do 16º e 17º dia de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram teores de sacarose semelhantes, o mesmo ocorrendo até os cinco primeiros dias.

4.9 Amido

Os teores de amido diferiram estatisticamente no decorrer dos períodos de armazenamento (Tabela 19) e em relação ao branqueamento (Tabela 20), sendo que os teores de amido das raízes de mandioca branqueadas foram superiores aos das raízes sem branqueamento. Esta diferença de aproximadamente 1% entre as raízes com e sem branqueamento pode ter ocorrido em virtude da metodologia utilizada através da solubilização ou degradação de algum tipo de polissacarídeo, que pode ter sido potencializado pelo tratamento térmico

TABELA 19 Valores médios dos teores de amido (%) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
Amido (%)	36,03	35,52	34,37	29,22	25,01	22,82	24,63	25,38	24,83

TABELA 20 Valores médios dos teores de amido (%) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	Amido (%)
Com branqueamento	29,24 a ¹
Sem branqueamento	28,05 b
Com vácuo	28,63 A
Sem vácuo	28,66 A

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Houve efeito significativo na interação entre as variáveis tempo de armazenamento, processamento através do branqueamento (com e sem) e atmosfera modificada (com e sem) (Figura 8).

Os valores médios do teor de amido variaram de 21,34 a 37,08% para a cultivar Baianinha, enquanto Paranaíba (1993) encontrou valores de 31,74 a 40,39% em raízes de plantas da cultivar Baiana, com e sem poda, que foram ou não embaladas em sacos de polietileno.

Observou-se decréscimo generalizado dos valores de amido em todos os tratamentos estudados, aproximadamente até o 12º dia de armazenamento, com posterior elevação. Resultados similares foram obtidos por Maini e Balagopal (1978), que pesquisaram o curso da deterioração de raízes após colheita, constatando redução rápida no amido e na umidade, bem como aumento na matéria seca e conteúdo de açúcar. Borges, Carvalho e Fukuda (1992), estudando o efeito da imersão de raízes de mandioca em água quente, por determinados períodos de tempo, na conservação pós-colheita de mandioca de mesa, observaram que houve redução significativa nos teores de amido e, conseqüentemente, aumentos significativos nos teores de açúcares. O comportamento da cultivar Baiana em relação ao teor de amido foi também investigado por Paranaíba (1993), constatando-se que todos os tratamentos (poda e embalagem de polietileno) mostraram decréscimos seguidos de acréscimos a partir do 5º dia de armazenamento.

A degradação e hidrólise do amido se dá normalmente por atuação de amilases.

O pH e a temperatura são fatores importantes na atividade das amilases. As amilases apresentam uma atividade ótima dentro de uma estreita faixa de pH, e valores acima ou abaixo desta faixa levam a mudanças irreversíveis na estrutura protéica de sua molécula. As alfa e beta amilases são termicamente lábeis e sua taxa de desnaturação está diretamente relacionada com a

temperatura, ou seja, quando a temperatura aumenta, ocorre a desnaturação térmica das enzimas, provocando a perda de sua atividade.

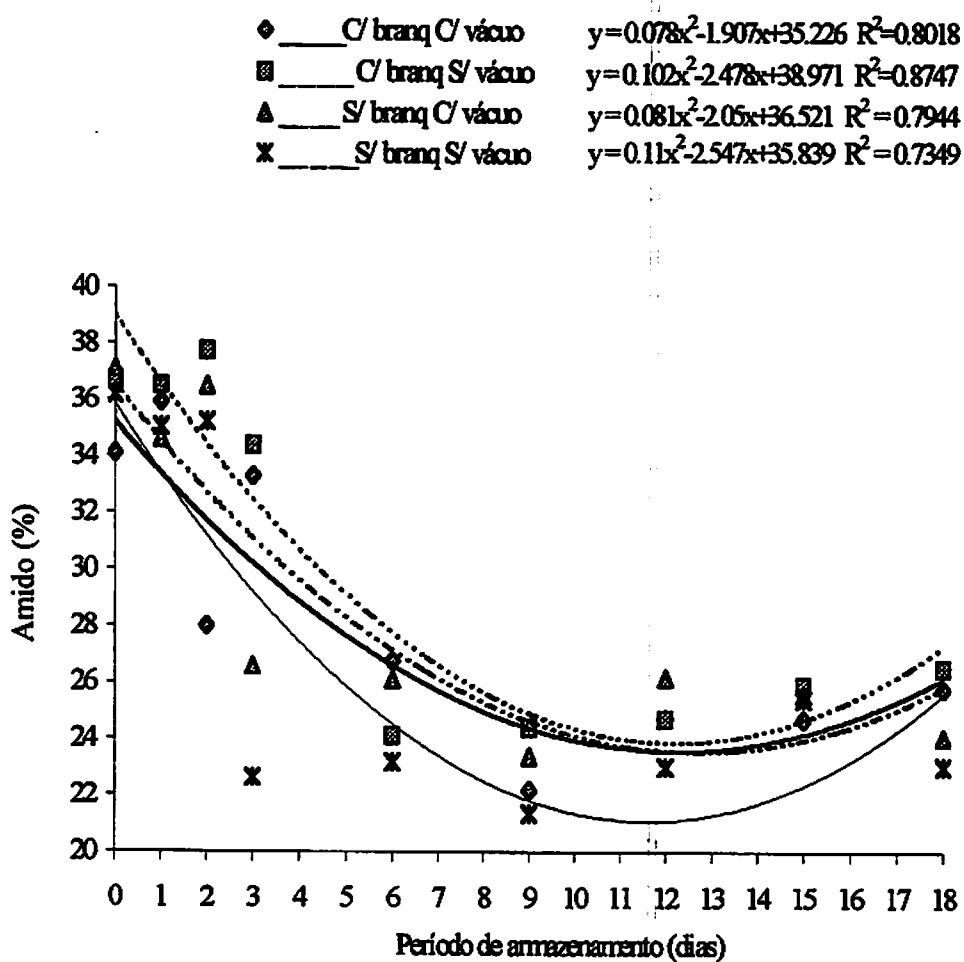


FIGURA 8 Representação gráfica e equações de regressão para teores de amido (%) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

4.10 Polifenoloxidase (PFO)

Houve diferenças significativas do período de armazenamento das raízes em relação à atividade da polifenoloxidase (Tabela 21), bem como dos tratamentos branqueamento e embalagem a vácuo (Tabela 22). Na Tabela 22 pode-se constatar que o branqueamento e a utilização de embalagem a vácuo exerceram efeito benéfico sobre as raízes, pois apresentaram menores valores em relação à atividade da polifenoloxidase.

TABELA 21 Valores médios da atividade ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$) da polifenoloxidase (PFO) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

PFO ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$)	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
	40,95	47,08	54,30	60,38	67,24	72,06	74,12	81,08	70,38

TABELA 22 Valores médios da atividade ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$) da polifenoloxidase (PFO) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	PFO ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$)
Sem branqueamento	71,07 a ¹
Com branqueamento	55,07 b
Sem vácuo	67,43 A
Com vácuo	58,43 B

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Detectou-se também interação entre o período de armazenamento e a aplicação de branqueamento nas raízes (Figura 9). Observa-se que por volta do décimo primeiro dia de armazenamento, para as raízes sem branqueamento, houve um máximo de atividade, com uma atividade de $88 \text{ U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$; já para as raízes com branqueamento, os maiores índices de atividade ocorreram próximos aos 18 dias de armazenamento.

Os valores observados neste estudo de atividade da polifenoloxidase variaram de $34,73$ a $91,98 \text{ U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$ durante o período de armazenamento, estando de acordo com Coelho (1992), que ao avaliar diferentes idades de colheita de 3 cultivares de mandioca, observou que a atividade da PFO variou de 17 a $75 \text{ U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$ no dia da colheita.

A eficácia do emprego de embalagens de polietileno no controle da deterioração de raízes de mandioca em condições ambientais já foi comprovada por alguns autores, como Carvalho, Chalfoun e Juste Júnior (1985a) e Kato, Campos e Carvalho (1988). Rickard e Coursey (1981) afirmaram que este tipo de embalagem evita a perda de umidade e diminui a taxa de oxigênio, com conseqüente redução da atividade respiratória. Assim, neste trabalho também ficou evidenciada a importância da aplicação do vácuo na diminuição da atividade metabólica das raízes armazenadas.

Considerando que o stress ocasionado pela colheita provoca uma intensificação da atividade da polifenoloxidase nas raízes, pode-se notar que utilização do tratamento térmico suprimiu parcialmente esta atividade. Estatisticamente, este efeito foi mantido, aproximadamente, até o décimo sexto dia de armazenamento.

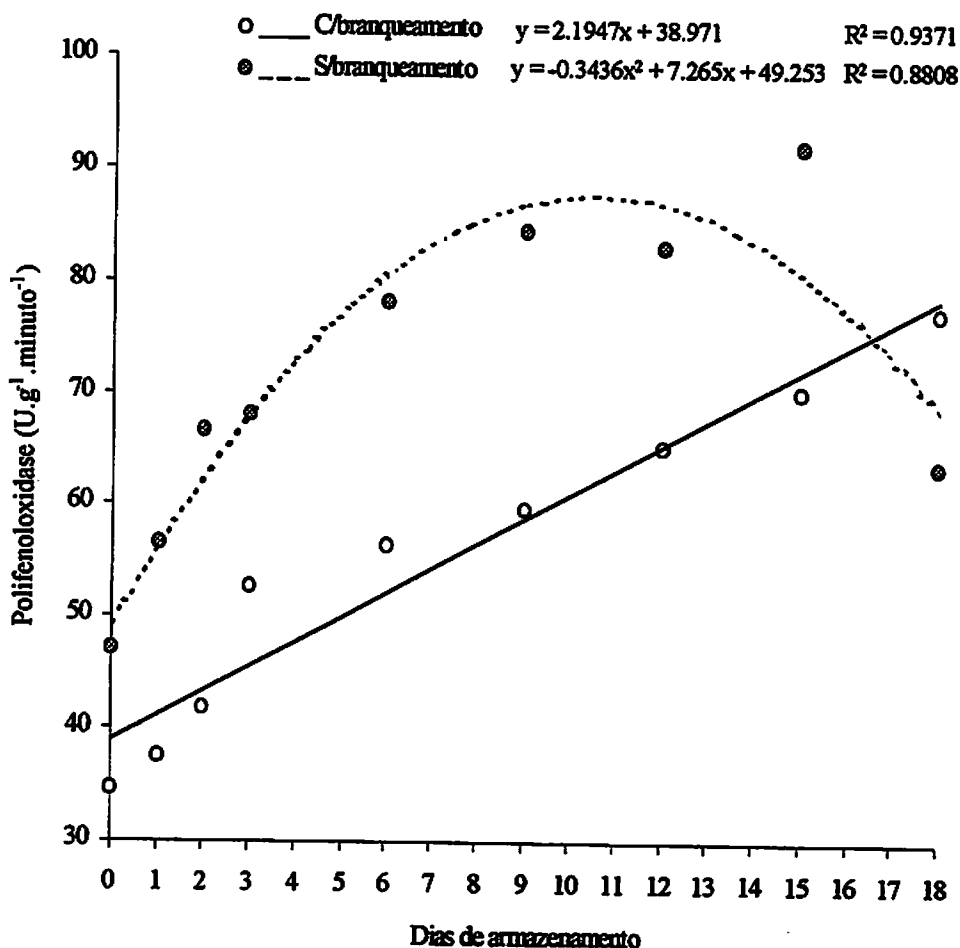


FIGURA 9 Representação gráfica e equações de regressão para atividade da polifenoloxidase (U.g⁻¹.minuto⁻¹) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

4.11 Peroxidase (PER)

No decorrer do período de armazenamento houve diferença significativa na atividade da enzima peroxidase (Tabela 23), com comportamento crescente.

Ao aplicar o branqueamento nas raízes, também se observou efeito significativo na atividade da peroxidase, bem como quando se aplicou vácuo nas embalagens em relação às sem vácuo (Tabela 24).

TABELA 23 Valores médios da atividade ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$) da peroxidase (PER) de raízes de mandioca armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

PER	Dias de armazenamento								
	0	1	2	3	6	9	12	15	18
($\text{U.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	49,89	56,14	62,32	72,56	75,94	82,79	82,92	97,17	105,97

Houve interação significativa entre o período de armazenamento das raízes e aplicação do branqueamento. Raízes sem branqueamento tiveram uma resposta linear crescente, enquanto com branqueamento houve uma resposta quadrática (Figura 10).

TABELA 24 Valores médios da atividade ($\text{U.g}^{-1}.\text{minuto}^{-1}$) da peroxidase (PER) de raízes de mandioca com e sem branqueamento, embaladas com e sem vácuo e armazenadas sob condições de refrigeração, durante 18 dias.

Processamento	PER ($\text{U.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$)
Sem branqueamento	84,73 a ¹
Com branqueamento	67,73 b
Sem vácuo	82,80 A
Com vácuo	69,56 B

¹ Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

Os valores de atividade da enzima PER nas raízes da cultivar Baianinha variaram de 44,35 a 122,43U.g⁻¹.minuto⁻¹, em concordância com Kato, Campos e Carvalho (1988), que observaram que o tempo de armazenamento em condições ambientais provocou aumento no grau de DF e da atividade da peroxidase.

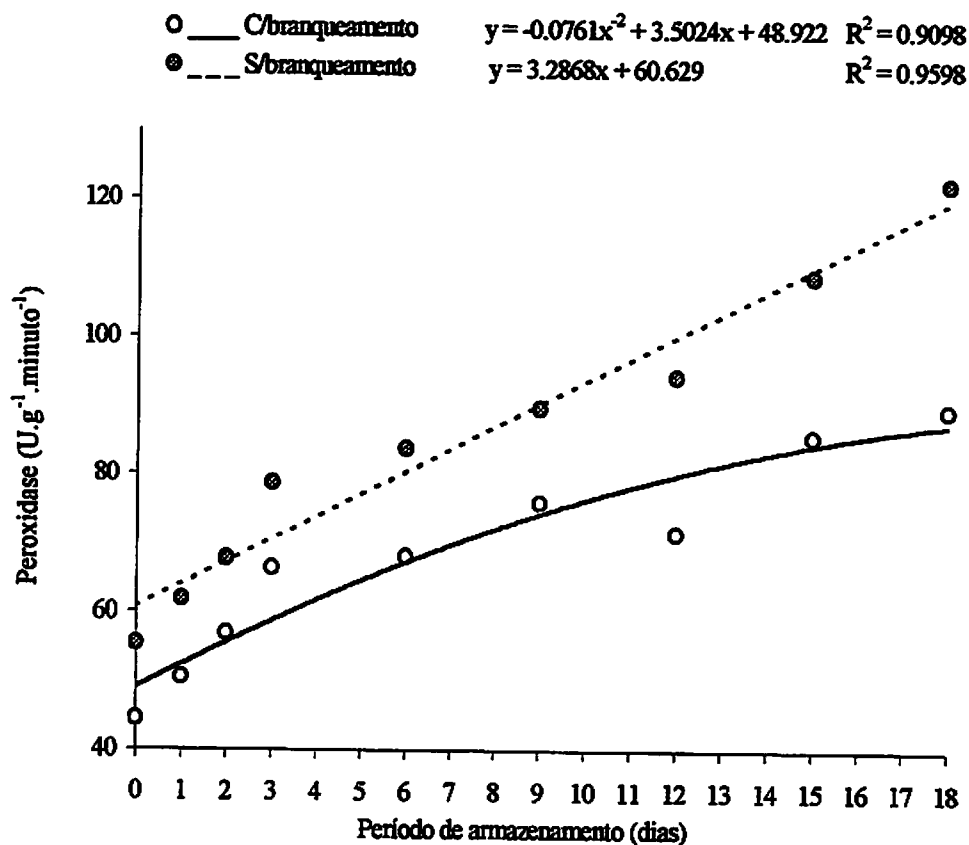


FIGURA 10 Representação gráfica e equações e regressão para atividade (U.g⁻¹.minuto⁻¹) da peroxidase (PER) em raízes de mandioca com e sem branqueamento, armazenadas sob condições de refrigeração, em função dos períodos de armazenamento.

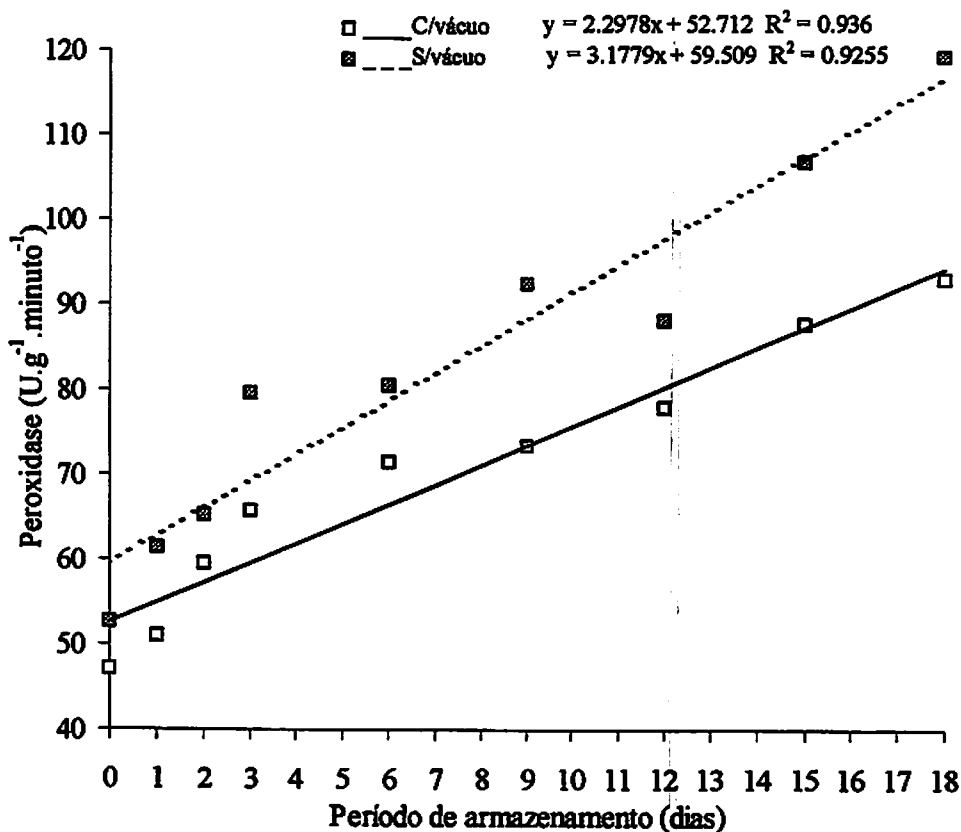


FIGURA 11 Representação gráfica e equações de regressão para atividade (U.g⁻¹.minuto⁻¹) da peroxidase (PER) em raízes de mandioca com e sem vácuo, armazenadas sob condições de refrigeração, em função os períodos de armazenamento.

Gimenez (1991) encontrou valores para a atividade da PER variando em torno de 20 a 80U.g⁻¹.minuto⁻¹ para a cultivar Guaxupé, em 3 épocas de armazenamento, num período de 9 dias, e Coelho (1992) relatou que 3 cultivares de mandioca, em 8 períodos distintos de colheita, variaram sua atividade da peroxidase de 27 a 87U.g⁻¹.minuto⁻¹.

4.12 Deterioração fisiológica

Na Figura 12 pode-se observar o aspecto da raiz da cultivar Baianinha no dia da colheita.

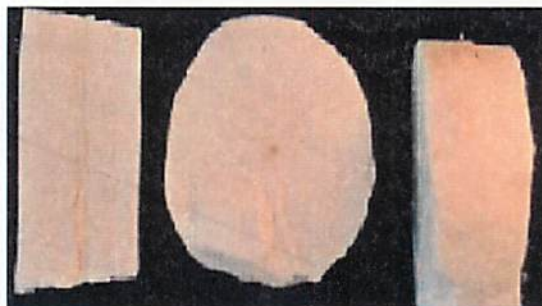


FIGURA 12 Raiz da cv. Baianinha no dia da colheita.

Pode-se constatar, através de identificação visual pelas fotografias, que nas raízes branqueadas, ou embaladas com vácuo (Figura 13), os sinais característicos de deterioração fisiológica, como o escurecimento vascular, não foram observados até o 9º dia, quando normalmente se manifestam dentro de 24 a 72 horas após a colheita.

Quando todos os processamentos foram aplicados, branqueamento e embalagem com vácuo, as raízes apresentaram-se sem qualquer modificação de coloração em relação à deterioração fisiológica até o 18º dia de armazenamento (Figura 14).

Ressalta-se que normalmente, no período de armazenamento, o metabolismo da raiz já deveria se apresentar totalmente desregulado devido ao stress e às injúrias sofridas e mesmo porque não foram utilizados tratamentos drásticos, como congelamento e branqueamento prolongado.

As raízes sem branqueamento e sem vácuo apresentaram escurecimento a partir do 9º dia de armazenamento.

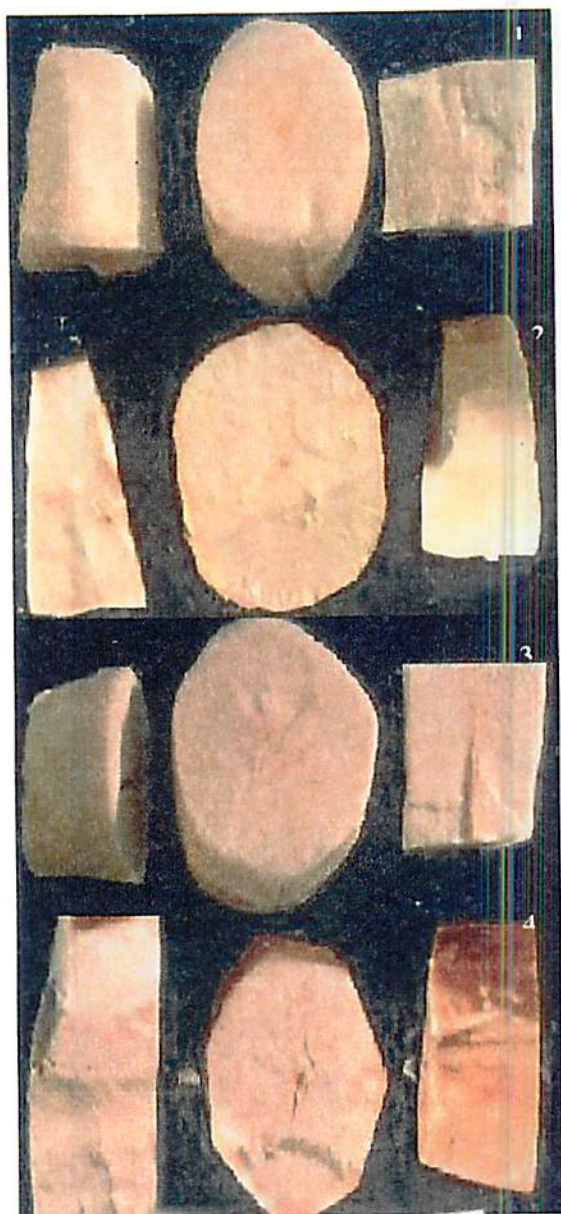


FIGURA 13 Deterioração fisiológica em raízes de mandioca cv. Baianinha no 9º dia de armazenamento em câmara fria: 1- Raízes com branqueamento e com vácuo; 2 - Raízes sem branqueamento e com vácuo; 3 - Raízes com branqueamento e sem vácuo; 4 - Raízes sem branqueamento e sem vácuo.

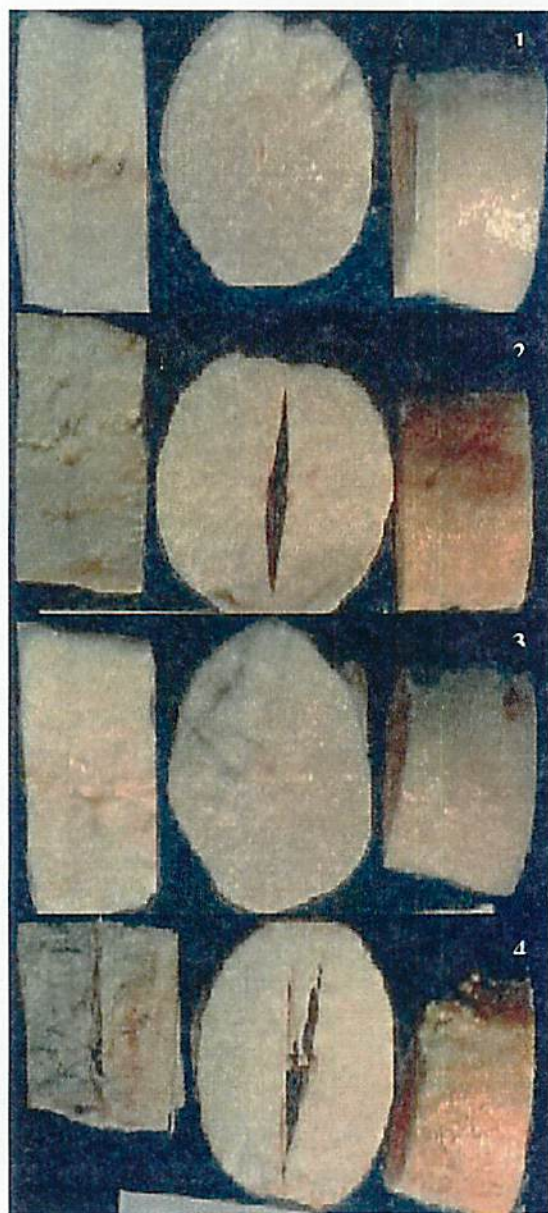


FIGURA 14 Deterioração fisiológica em raízes de mandioca cv. Baianinha no 18º dia de armazenamento em câmara fria: 1- Raízes com branqueamento e com vácuo; 2 - Raízes sem branqueamento e com vácuo; 3 - Raízes com branqueamento e sem vácuo; 4 - Raízes sem branqueamento e sem vácuo.

4.13 Deterioração microbiológica

Em observação visual, nota-se que a partir do décimo quinto dia de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram contaminações microbiológicas, com manchas bem delineadas de cor rosa, identificadas como *Fusarium* (Figura 15), de acordo com Ingram e Humphries (1972) e Carvalho, Chalfoun e Huei-Wang (1982b).

No tratamento com branqueamento e embalagem sem vácuo, no décimo segundo dia de armazenamento, as raízes apresentavam manchas enegrecidas identificadas como *Penicillium*, considerado por Booth (1976a) como um dos microrganismo mais importantes causadores da deterioração microbiológica.

No controle, ou seja, nas raízes não branqueadas e sem vácuo, no décimo oitavo dia de armazenamento, além da presença de *Fusarium*, houve o aparecimento de manchas amareladas, consideradas como oriundas de microrganismos contaminantes do ambiente, não havendo identificação do agente etiológico.

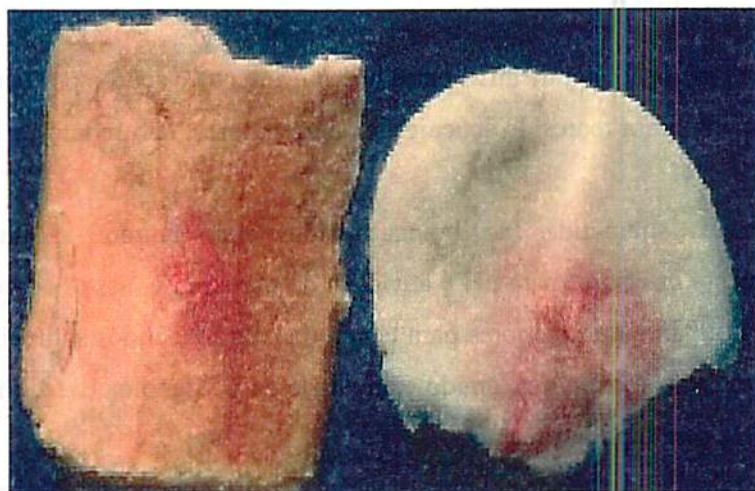


FIGURA 15 Deterioração microbiológica por *Fusarium* em raiz de mandioca cv. Baianinha no 15º dia de armazenamento em câmara fria.

5 CONCLUSÕES

O branqueamento ou vácuo nas embalagens, separadamente, foram efetivos na prevenção do escurecimento das raízes de mandioca até o 9º dia de armazenamento.

O branqueamento e vácuo nas embalagens, conjuntamente, foram efetivos na prevenção do escurecimento das raízes até o 18º dia de armazenamento.

A deterioração microbiana por *Fusarium* foi detectada no 15º dia de armazenamento.

Durante o período de armazenamento, raízes com e sem branqueamento apresentaram comportamento distinto e significativo para teores de sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, atividades da polifenoloxidase e peroxidase.

Durante o período de armazenamento, raízes embaladas com e sem vácuo apresentaram comportamento distinto e significativo para a atividade da peroxidase e pH.

Houve interação significativa entre branqueamento, vácuo e período de armazenamento para teores de açúcares totais, redutores, não redutores e amido.

As raízes submetidas ao branqueamento apresentaram valores significativamente inferiores para pH e atividade da peroxidase, assim como valores significativamente superiores para tempo de cocção, sólidos solúveis totais, açúcares totais e redutores, amido e atividade da polifenoloxidase, em relação às raízes sem branqueamento.

As raízes embaladas com vácuo apresentaram valores significativamente inferiores para pH, assim como valores significativamente superiores para açúcares redutores, não redutores e atividade da polifenoloxidase, em relação às raízes embaladas sem vácuo.

As raízes tornaram-se impróprias para consumo, em relação à aparência e sabor, a partir do 9º dia de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 1999: anuaria da agricultura brasileira. São Paulo: FNP/Consultoria e Comércio, 1999. 521p. Mandioca, p. 352-358.
- ANDRADE, A. de S.; ROCHA, B.V. da; CORREA, H. Armazenamento de raízes de mandioca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.5, n.59/60, p. 94-96, nov./dez. 1979.
- ARACENA, J.J.; SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; CAMPBELL, C.A.; SALTVEIT, M.E. Environmental factors affecting vascular streaking, a postharvest physiological disorder of cassava root (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta-Horticulturae*, London, n.343, p. 297-299, 1993.
- ARAÚJO, J.M.A. *Química de alimentos: teoria e prática*. Viçosa: UFV, 1995. 335p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15.ed. Washington, 1990. 2v.
- AVERRE, C.W. Effect os packing on vascular streaking of fresh cassava roots. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA DE FITOTECNIA, 8., 1970., Bogotá. *Resumos...* Bogotá: [s.n.], 1970. 223p.
- AVERRE, C.W. Vascular streaking of stored cassava roots. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF TROPICAL ROOT CROPS, 1., 1967, Trinidad. *Proceedings...* Trinidad: Society for Tropical Root Croops, 1967. v.2, p. 31-35.
- BALAGOPAL, C. Post harvest problems of cassava roots. In: CENTRAL TUBER CROPS RESEARCH INSTITUTE. *Cassava production technology*. Trivandrum, 1979. p. 58-61.
- BALAGOPAL, C.; MAINI, S.B.; POTTY, V.P.; PADMAJA, G. Microbial rotting of cassva roots. In: SEMINAR ON POSTHARVEST TECHNOLOGY OF CASSAVA, 23., 1980, Trivandrum. *Proceedings...* Trivandrum: [s.n.], 1980. p. 23-26.
- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G. Storage of tuber crops. *Indian Farming.*, New Delhi, v.33, n.12, p. 51-53;71, Mar. 1984.

- BEEGHING, J.R.; DODGE, A.D.; MOORE, K.G.; PHILLIPS, H.M.; WENHAM, J.E. Physiological deterioration in cassava possibilities for control. *Tropical Science*, London, v.34, n.3, p. 335-343, 1994.
- BOOTH, R.H. Almacenamiento de raíces de yuca. Cali: CIAT, 1976a. 20p.
- BOOTH, R.H. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). I-Post-harvest deterioration and its control. *Experimental Agriculture*, Cali, v.12, p. 103-111, 1976b.
- BOOTH, R.H. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). II-Simple storage techniques. *Experimental Agriculture*, Cali, v.3, n.2, p. 119-128, 1977.
- BOOTH, R.H.; BUCLE, T.S. de; CARDENAS, O.S.; GOMEZ, G.; HERVAS, E. Changes in quality of cassava roots during storage. *Journal of Food Technology*, Oxford, v.11, n.3, p. 245-263, 1976.
- BOOTH, R.H.; COURSEY, D.G. Storage of cassava roots and related post-harvest problems. In: INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE. *Monographs*. London, 1974. p. 43-49!
- BORGES, M. de F.; CARVALHO, V.D. de; FUKUDA, W.M.G. Efeito de tratamento térmico na conservação pós-colheita de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de mesa. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.11, n.1, p. 7-18, jun. 1992.
- BORGES, M. de F.; FUKUDA, W.M.G. Conservação de raízes "in natura" de mandioca de mesa. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1991. 6p. (EMBRAPA/CNPMPF. Comunicado Técnico, 20).
- BOUGH, S.H. The nutritional evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Nottingham: University of Nottingham, 1992. 247p. (Dissertation).
- BRADBURY, J.H.; SINGH, U. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of tropical root crops from the South Pacific. *Journal of Food Science*, Oxford, v.51, n.4, p. 975-978, 1986.
- CAMPOS, A.D. Modificações após colheita no grau de deterioração fisiológica e composição química das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Lavras: ESAL, 1987. 80p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

- CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. de. Deterioração pós-colheita de mandioca. I-Modificações no grau de deterioração fisiológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.5, p. 773-781, maio 1990.
- CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. de. Influência do ácido ascórbico e da umidade na deterioração fisiológica das raízes de mandioca em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.8, p. 1147-1152, ago. 1992.
- CAMPOS, A.D.; KATO, M. do S.A.; CARVALHO, V.D. de. Efeito de diferentes espessuras da embalagem de polietileno na conservação e qualidade de raízes de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.5, n.2, p. 23-33, 1986.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S. M.; CLEMENTE, E.; LEITE, I.P. Relação entre compostos fenólicos, atividade da peroxidase e polifenoloxidase e deterioração fisiológica em raízes de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.4, n.2, p. 89-96, dez. 1985.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; HUEI-WANG, S. Armazenamento pós-colheita de mandioca. II-Efeito das alterações no grau de deterioração fisiológica e na composição físico-química e química de seis cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.1, n.1, p. 25-34, 1982a.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; HUEI-WANG, S. Armazenamento pós-colheita de mandioca. I-Influência da composição química de raízes de cultivares de mandioca sobre a resistência à deterioração pós-colheita (fisiológica e microbiológica). *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.1, n.1, p. 15-23, 1982b.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. 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*, v.4, n.1, p. 79-85, 1985a.
- CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. 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*, v.3, n.2, p. 105-113, 1985b.

- CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) [on line]. Disponível: <http://www.nandevco.com/cassavax.htm>. [Capturado em 22/03/2000].
- CASTAGNINO, G.A. Conservacion de la raiz de mandioca. Campo, Buenos Aires, v.27, n.320, p. 23, 1943.
- CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S.; WOSIACKI, G.; ABBUD, N.S.; ROCA, R. de O. A mandioca (*Manihot esculenta* C.) cultivar Pioneira. 3- Características culinárias. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v.33, n.3, p. 511-525, out. 1990.
- COCK, J.H. Cassava: new potencial for a neglected crop. Boulder: Westview Press, 1985. 191p.
- COCK, J.H. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali: CIAT, 1990. 240p.
- COELHO, A.H.R. Efeito da idade de colheita sobre o grau de deterioração fisiológica e composição química das raízes de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Lavras: UFLA, 1992. 107p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- COURSEY, D.G.; BOOTH, R.H. Post-harvest problems of non-grain staples. Acta Horticulturae, London, v.53, p. 23-33, 1977.
- CZYHRINCIW, N.; JAFFÉ, W. Modificaciones químicas durante la conservacion de raíces y tuberculos. Archivos Venezuelanos de Nutricion, Formely, v.2, n.1, p. 49-67, 1951.
- DELGADO, A. Storage and conservation of cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz). Revista de la Facultad de Agronomia Universidad del Zulia, Zulia, v.4, n.4, p. 310-317, 1978.
- EGLEY, G.H.; PAUL, R.N.Jr.; VAUGHN, K.C.; DUKE, S.O. Role of peroxidase in the development of water-impemeable seed coats in *Sidas spinosa* L. Planta, Berlin, v.157, p. 224-32, 1983.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. Cassava. Boletim Trimestral FAO de Estatísticas, Rome, v.12, n.1/2, p. 42-43, 1999.

- FENNEMA, O. R. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.
- FERHMAN, H.; DIAMOND, A.E. Peroxidase activity and phytophthora resistance in different organs of the potato plant. *Phytopathology*, Lancaster, v.57, p. 69-72, 1967.
- 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, 1986. 101p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 8.ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 230p. Tabela 1: composição química dos alimentos: vitaminas, p. 93.
- FUKUDA, W.M.G; BORGES, M. de F. Influência na idade de colheita sobre a qualidade de raízes em diferentes cultivares de mandioca de mesa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 6., 1990, Londrina. Resumos... Londrina: Sociedade Brasileira de Mandioca, 1990. p. 19.
- FUKUDA, W.M.G; SILVA, R. de C.A. da; BORGES, M. de F. Seleção de variedades de mandioca para consumo "in natura". *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.7, n.2, p. 7-18, 1988.
- GEORGE, J.B.; BROWNE, C.B. Changes in quality of fresh cassava tubers during storage. *Tropical Science*, London, v.34, n.2, p. 161-165, 1994.
- GIMENEZ, R. *Deterioração fisiológica e alguns componentes químicos em secções de raízes de mandioca (Manihot esculenta Crantz) cv. Guaxupé durante o armazenamento*. Lavras: ESAL, 1991. 93p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- GONZÁLEZ, A.; RAMOS, D.; BEAUCHAMP DE CALONI, I.; FIGUEROA, L.A. Comportamiento poscosecha de cuatro cultivares de yuca almacenada en bolsas de polietileno y con poda. *Jornal Agrícola de la Univerdad de Puerto Rico*, Puerto Rico, v.75, n.3, p. 269-280, jul. 1991.
- HAYMA, J. Storage of fresh cassava roots. *Agromisa*, Wageningen, v.10, n.1, p. 4-16, Mar. 1982.

- HERNADEZ, E.S.M.; GUILLEN, J.C. Composicion quimica de seis variedades de yuca *Manihot esculenta* Crantz en distintas etapas de desarrollo. *Agricultura Técnica en México, Mexico*, v.10, n.1, p. 3-15, ene./jun.1984.
- HUEI-WANG, S.; CARVALHO, V.D. de; CHAULFOUN, S.M. Armazenamento pós-colheita de mandioca. V-Influência da polifenoxidase na deterioração fisiológica. *Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas*, v.2, n.1, p. 17-20, 1983.
- IGLESIAS, C.; BEDOYA, J.; MORANTE, N.; CALLE, F.; KURUP, G.T.; PALANISWAMI, M.S.; POTTY, V.P.; PADMAJA, G.; KABEERATHUMMA, S.; PILLAI, S.V. Genetic diversity for physiological deterioration in cassava roots. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Tropical tuber crops: problems, prospects and future strategies*. Cali, 1996. p. 73-81.
- INGRAM, J.S.; HUMPHRIES, J.R.O. Cassava storage: a review. *Tropical Science, London*, v.14, n.2, p. 131-148, 1972.
- KATO, M. do S.A. Efeito da poda e da época de colheita na produtividade, conservação e qualidade das raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Lavras: ESAL, 1987. 107p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- KATO, M. do S.A.; CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. de. Influência da espessura de embalagem de polietileno na deterioração fisiológica em raízes de mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.23, n.8, p. 803-809, 1988.
- KATO, M do S.A.; SOUZA, S.M.C. Conservação de raízes após a colheita. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v.13, n.145, p. 9-16, 1987.
- KAWABATA, A.; SAWAYAMA, S.; ROSÁRIO, R.R.; NOEL, M.G. Effect of storage and heat treatments on the sugar constituents in cassava and yambean roots. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology, Tokyo*, v.33, n.6, p.441-449, 1986.
- 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, I.; REYS, E.D. (eds.). *Tropical root crops: post-harvest physiology and processing*. Tokyo: Japan Scientific Societies, 1984. p. 243-258.

- KETIKU, A.O.; OYENUGA, V.A.** Changes in the carbohydrate constituents of cassava-root-tuber. *Journal Science Food Agriculture*, New York, v.23, p. 1451-1456, 1972.
- LEE., C. Y.; WHITAKER, J. R.** Prevention of enzymatic browning in fruits and vegetables: a review of principles and practice. In: **AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Enzymatic browning and its prevention.** Washington, 1994. 338p.
- LEHNINGER, A. L.** *Princípios de bioquímica.* São Paulo: Sarvier, 1993. 839p.
- LOZANO, J.C.; BOOTH, R.H.** Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Pans*, London, v.20, p. 30-54, 1974.[=][=]
- LOZANO, J.C.; COCK, J.H.; CASTAÑO, J.** New developments in cassava storage. In: **PROCEEDINGS CASSAVA PROTECTION WORKSHOP, 1977, Cali. Proceedings...** Cali: CIAT, 1978. p. 135-141.
- MAINI, S.B.; BALAGOPAL, C.** Biochemical changes during post-harvest deterioration of cassava. *Journal of Root Crops*, Trivandrum, v.4, n.1, p. 31-33, 1978.
- MAJUNDER, S.K.; PINGALE, S.V.; SWAMINATHAN, M.; SUBRAHMANYAN, V.** Control of spoilage in fresh tapioca tubers. *Bulletin of Central Food Technological Research*, Mysore, v.5, n.5, p. 108-109, 1956.
- MARRIOT, J.; BEEN, B.O.; PERKINS, C.** The aetiology of vascular discoloration in cassava roots after harvesting: association with water loss from wounds. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.44, p. 58-42, 1978.
- MARRIOT, J.; PLUMBIEY, R.A.; RICKARD, J.E.** Physiological aspects of the storage of cassava and other tropical root crops. In: **HURD, R.G. et al. (eds.). Opportunities for increasing crop yields.** London: Pitman Publishing, 1980. p. 363-375.
- McMAHON, J.M.; WHITE, W.L.B.; SAYRE, R.T.** Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.46, n.288, p. 731-741, July 1995.

- MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. *Tropical Science*, London, v.15, n.1, p. 39-46, 1973.
- NEELAKANTAN, S.; MANIMEGALAI, G. Post-harvest deterioration and storage of cassava tubers. In: NATIONAL SEMINAR ON TUBER CROPS PRODUCTION TECNOLOGY, 1980, Coimbatore. *Trabalhos apresentados...* Coimbatore: Tamil Nadu Agricultural University, 1980. p. 97-101.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v.153, p. 375-390, 1944.
- NOON, R.A; BOOTH, R.H. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. *Transactions of the British Mycological Society*, London, v.69, n.2, p. 287-290, Oct. 1977.
- NORMANHA, E.S.; PEREIRA, A.S. Cultura da mandioca. *O Agrônômico*, São Paulo, v.15, n.9, p. 9-35, 1963.
- OGUNSUA, A.O.; ADEDEJI, G.T. Effect of processing on ascorbic acid in different varieties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *Journal of Food Technology*, Oxford, v.14, n.1, p. 69-74, 1979.
- OKEZIE, B.O.; KOSIKOWSKI, F.V. Cassava as a food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.17, n.3, p. 259-275, 1982.
- LOUDIT, D.D. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperatures. *Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago*, Centeno, v.76, n.1, p. 63-66, 1976.
- PACHECO, J.A. Alterações na qualidade da fécula durante o armazenamento das raízes de mandioca. *Bragantia*, Campinas, v.12. n.7/9, p. 297-198, jul./set. 1952.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C. Cellular and extracellular enzymes associated with the post harvest deterioration of cassava tubers. *Journal of Food Science and Technology*, Trivandrum, v.22, n.2, p. 82-87, 1985.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C.; POTTY, V.P. Cellulolytic, amylolytic and pectinolytic enzyme activities of deteriorating cassava roots. *Journal of Root Crops*, Trivandrum, v.8, n.1/2, p. 35-40, 1982a.

- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C.; POTTY, V.P. Polifenoles y el deterioro fisiológico en yuca. *Yuca Boletín Informativo*, Cali, v.10, p. 5, mar. 1982b.
- PARANAÍBA, J.L.V. Alterações na deterioração fisiológica, cocção e composição química pós colheita de raízes de mandioca devido a poda e uso de embalagem de polietileno. Lavras: ESAL, 1993. 86p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PARKIN, K.L.; SCHWOBE, M.A. Effects of low temperature and modified atmosphere on sugar accumulation and chip color in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of Food Science*, Chicago, v.55, n.5, p. 1341-1344, Sept./Oct. 1990.
- PASCHOALINO, J.E.; PEREIRA, A.S.; BERNHARDT, L.W.; FIGUEIREDO, I.B.; SHIROSE, I. Avaliação de algumas variedades de mandioca no processo de congelamento. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.1, p. 73-82, jan./mar. 1980.
- PEQUENO, M.G. Estudo de algumas características agrônômicas, físicas, químicas e sensoriais de sete cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para a região de Lavras - MG. Lavras: ESAL, 1992. 81p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PEREIRA, A.S.; LORENZI, J.O.; VALLE, T.L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.4, n.1, p. 27-32, 1985.
- PLUMBIEY, R.A.; HUGHES, P.A.; MARRIOT, J. Studies on peroxidases and vascular discoloration in cassava root tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.32, n.7, p. 723-731, 1981.
- PONTING, J.D.; JOSLYN, M.A. Ascorbic acid and browning in apple tissue extracts. *Archives of Biochemistry*, New York, v.19, p. 47-63, 1948.
- QUEVEDO, M.A.; DATA, E.S.; DIZON, R.V. Appropriate packaging medium for cassava storage. *Radix*, Philippines, v.7, n.1, p. 6-7, 1985.
- QUEVEDO, M.A.; DATA, E.S.; MATURAN, E. Storage of cassava roots in polyethylene bags. *Radix*, Philippines, v.8, n.2, p. 7-10, July 1986.

- RAJA, K.C.M.; ABRAHAM, E. Post-harvest storage of cassava tubers under modified environmental conditions. *Journal of Root Crops, Trivandrium*, v.4, n.1, p. 1-6, 1978.
- RAJA, K.C.M.; ABRAHAM, E.; NATHAN, H.S.; MATHEW, A.G. Chemistry and technology of cassava. *Indian Food Packer, New Delhi*, v.33, n.3, p. 33-43, 1979.
- RAJA, K.C.M.; ABRAHAM, E.; SREEMULANATHAN. Post harvest storage of cassava tubers under modified environmental conditions. *Journal of Root Crops, Trivandrium*, v.4, n.1, p. 1-6, 1978.
- REIGH, D.L.; WENDER, S.H.; SMITH, E.C. Phenolic inhibition of isoperoxidases A-3 catalyzed scopoletin oxidation. *Tobacco Science, New York*, v.18, p. 100-102, 1974.
- RICHARDSON, T. Enzymes. In: FENNEMA, D.R. *Principles of food science: food chemistry*. New York: Marcel Dekker, 1976. v.4, cap.6, p. 285-345.
- RICKARD, J.E. El deterioro en las raíces de yuca cosechada. *Yuca Boletín Informativo, Cali*, v.8, n.2, p.3, nov. 1984.
- RICKARD, J.E. Physiological deterioration of cassava roots. *Journal of the Science of Food and Agriculture, London*, v.36, n.3, p. 167-176, 1985.
- RICKARD, J.E.; COURSEY, D.G. Cassava storage. I-Storage of fresh cassava roots. *Tropical Science, London*, v.23, n.1, p.1-32, 1981.
- RICKARD, J.E.; GAHAN, P.B. Occlusions in cassava xylem vessels associated with vascular discoloration. *Annals of Botany, Colchester*, v.43, n.1, p. 523-526, 1979.
- ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. *Oxidative enzymes in foods*. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.
- SARGENT, S.A.; CORREA, T.B.S.; SOARES, A.G. Application of postharvest coatings to fresh cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz) for reduction of vascular streaking. In: CONFERENCE PAPER, 1995, Guanajuato. *Proceedings...* Gainesville, [s.n.], 1995. p. 331-336.

- SARMENTO, S.B.S.** Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de uso industrial. Piracicaba: ESALQ, 1989. 103p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- SCHIOCCHET, M.A.; TERNES, M.** Variação do teor de amido e do rendimento de farinha durante o período de colheita da mandioca. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.9, n.2, jun. 1996.
- SIVAN, P.** Post-harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fiji and storage of roots in moist sawdust. *Fiji Agricultural Journal*, Fiji, v.41, n.2, p. 95-102, 1979.
- SOUTHGATE, D.A.T.** Determination of foods carbohydrates. London: Elsevier Applied Science, 1991. 232p.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M.** Analisis de vitaminas, modos comprobados. Madrid: Paz Montavalvo, 1967. 428p.
- SUBRAHMANYAN, H.; MATHUR, P.B.** Effect of a fungicidal wax coating on the storage behaviour of tapioca roots. *Bulletin of Central Food Technological Research Institute*, Mysore, v.5, p. 110-111, 1956.
- TANAKA, Y.; DATA, E. S.; LAPE, V.G.; VILLEGAS, C.D.; GORGONIO, M.; HIROSE, S.; URITANI, I.** Effect of pruning treatment on physiological deterioration in cassava roots. *Agricultural Biological Chemistry*, Tokyo, v.48, n.3, p. 739-743, Mar. 1984.
- TANAKA, Y.; DATA, E. S.; TANIGUCHI, T.; URITANI, I.** Biochemical changes in secondary metabolites in wounded and deteriorated cassava roots. *Agricultural Biological Chemistry*, Tokyo, v.47, n.4, p. 693-700, Apr. 1983.
- TANIGUCHI, T.; DATA, E.S.; BURDEN, O.J.; GORGONIO, M.A.; UMERES, E.** Production of antifungal substances in cassava roots in response to physiological and microbial deterioration. In: URITANI, I.; REYES, E.D. (eds.). *Tropical root crops: postharvest physiology and processing*. Nagayota: Nagoya University, 1984. p. 145-149.
- THOMPSON, A.K.; ARANGO, L.M.** Storage and marketing cassava in plastic films. *Proceedings of the Tropical Region*, Mont Vernon, v.21, p. 30-33, 1977.

- URITANI, I.; DATA, E.S.; TANAKA, Y. Biochemistry of postharvest deterioration of cassava and sweet potato roots. In: URITANI, I.; REYES, E.D. (eds.). *Tropical root crops: postharvest physiology and processing*. Nagoya: Nagayota University, 1984 p. 61-75.
- 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: postharvest physiology and processing*. Tokyo: Tokyo University of Agriculture, 1984. p. 109-118.
- URITANI, I.; DATA, E.S.; VILLEGAS, R.J.; FLORES, P.; HIROSE, S. Relationship between secondary metabolism changes in cassava root tissue and physiological deterioration. *Agricultural and Biological Chemistry, Philippines*, v.47, n.7, p. 1591-1598, 1983.
- VAN LELYVELD, L.J.; DE BRUYN, J.A. Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme activities associated with black heart in Cayenne pineapple fruit. *Agrochemophysica, South Africa*, v.9, n.1, p. 1-6, Mar. 1977.
- WHEATLEY, C.C. Studies on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration. London: University of London, 1982. 246p. (Tese - Doutorado).
- WHEATLEY, C.C. Studies related with the nature of post-harvest physiological deterioration in cassava roots. In: SEMINÁRIOS INTERNOS, 7., 1980, Cali. *Trabalhos apresentados...* Cali: CIAT, 1980. p. 1-29.
- WHEATLEY, C.C.; GÓMEZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. *Qualitas Plantarum, Netherlands*, v.35, n.2, p. 121-129, 1985.
- WHEATLEY, C.C.; LOZANO, J.C.; GÓMEZ, G. Deterioración postcosecha y almacenamiento de raíces de yuca. In: DOMÍNGUEZ, C.E. (comp.). *Yuca, investigación, producción y utilización*. Cali: CIAT/PNUD, 1982. p. 493-513.
- WENHAM, J.E. Post-harvest deterioration of cassava: a biotechnology perspective. Chatham: FAO, 1995. (Plant Production and Protection Paper, 130. 85p.

WHITAKER, J.R. Principles of enzymology for the food sciences. New York: Marcel Dekker, 1972. The glycoside hydrolases, p. 434-465.

WILLIS, R.B.H.; LEE, T.A.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. Post harvest. 2.ed. Kensington: Wales University Press, 1982. 161p.

ANEXOS

ANEXO A

Páginas

TABELA 1A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para cocção, umidade, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) de raízes de mandioca submetidas a diferentes processamentos e armazenadas sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.....	90
TABELA 2A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para pH, vitamina C total, açúcar total e açúcar redutor de raízes de mandioca submetidas a diferentes processamentos e armazenadas sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.....	91
TABELA 3A	Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para açúcar não redutor, amido, atividade de polifenoxidase (PFO) e atividade de peroxidase (PER) de raízes de mandioca submetidos a diferentes processamentos e armazenados sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.....	92

TABELA 1A Quadrados médios da análise da variância e respectivos níveis de significância para cocção, umidade, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) de raízes de mandioca submetidas a diferentes processamentos e armazenadas sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Cocção	Umidade	SST	ATT
Tempo (A)	8	81,2801**	3,5547ns	0,5212**	1,0528**
Branqueamento (B)	1	173,7870*	0,6120ns	1,1367**	0,0096ns
Vácuo (C)	1	4,0833ns	4,4368ns	0,0261ns	0,0023ns
A x B	8	15,2662ns	2,8293ns	0,0802*	0,1936**
A x C	8	50,5208ns	4,6897ns	0,0591ns	0,0676*
B x C	1	2,6759ns	0,0091ns	0,0996ns	0,0045ns
A x B x C	8	44,2384ns	3,3788ns	0,0319ns	0,0504ns
Resíduo	72	26,8611	3,2534	0,0294ns	0,0304ns
Média Geral		26,0093	57,0106	2,2530	1,4472
CV (%)		19,927	3,164	7,610	12,040

* significativo ao nível de 5%, Teste de F

** significativo ao nível de 1%, Teste de F

ns, não significativo, Teste de F.

TABELA 2A. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância para pH, vitamina C total, açúcar total e açúcar redutor de raízes de mandioca submetidas a diferentes processamentos e armazenadas sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		pH	Vit. C total	Açúcar total	Açúcar redutor
Tempo (A)	8	0,3542**	48,1192ns	1,3270**	1,2993**
Branqueamento (B)	1	0,5662**	5,8984ns	1,3903**	2,1782**
Vácuo (C)	1	0,2925**	2,2340ns	0,0046ns	0,1080**
A x B	8	0,1691**	54,4177ns	0,1881**	0,1927**
A x C	8	0,0420ns	41,6404ns	0,1304**	0,0364**
B x C	1	0,0705ns	31,7491ns	0,0019ns	0,1183**
A x B x C	8	0,0209ns	40,2589ns	0,2041**	0,0497**
Resíduo	72	0,0290	45,6470	0,0238	0,0055
Média Geral		6,7307	38,8804	1,9247	0,4860
CV (%)		2,5279	17,377	8,0123	15,311

* significativo ao nível de 5%, Teste de F

** significativo ao nível de 1%, Teste de F

ns, não significativo, Teste de F.

TABELA 3A Quadrados médios de ANAVA e respectivos níveis de significância para açúcar não redutor, amido, atividade de polifenoloxidase (PFO) e atividade de peroxidase (PER) de raízes de mandioca submetidas a diferentes processamentos e armazenados sob condições refrigeradas ($8 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $85 \pm 3\%$ de UR), durante 18 dias.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Açúcar não redutor	Amido	PFO	PER
Tempo (A)	8	0,7888**	334,9302**	2140,8638**	4073,1768**
Branqueamento (B)	1	0,0010ns	37,7606**	6911,7872**	7887,1154**
Vácuo (C)	1	0,0808*	0,0189ns	2059,7261**	4740,3425**
A x B	8	0,1243**	35,1057**	423,8488*	174,8813**
A x C	8	0,1587**	11,8396**	32,2605ns	147,4225**
B x C	1	0,2734**	77,6010**	0,0010ns	6,1388ns
A x B x C	8	0,2474**	8,2618**	78,7953ns	61,8228ns
Resíduo	72	0,0202	2,7152	182,0313	36,4839
Média Geral		1,3400	28,6446	63,0672	76,1881
CV (%)		10,6065	5,7525	21,393	7,928

* significativo ao nível de 5%, Teste de F
 ** significativo ao nível de 1%, Teste de F
 ns, não significativo, Teste de F.