



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ALISSON DOS REIS CANTO

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS E HISTOLÓGICAS EM RAÍZES
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) ARMAZENADAS
DAS CULTIVARES CATARINA AMARELA E CATARINA
BRANCA**

ALISSON DOS REIS CANTO

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS E HISTOLÓGICAS EM RAÍZES
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) ARMAZENADAS
DAS CULTIVARES CATARINA AMARELA E CATARINA
BRANCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Profa Dra. Adelaide del Pino Beléia

Londrina
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C232a Canto, Alisson dos Reis.
Alterações químicas e histológicas em raízes de mandioca (*Manihot esculenta*
Crantz) armazenadas das cultivares Catarina amarela e Catarina branca / Alisson
dos Reis Canto. – Londrina, 2011.
86 f. : il.

Orientador: Adelaide Del Pino Beléia.
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência
de Alimentos, 2011.
Inclui bibliografia.

1. Mandioca – Processamento – Teses. 2. Mandioca – Deterioração – Teses.
3. Alimentos – Avaliação – Teses. 4. Manihot – Teses. 5. Raízes – Cultivo – Teses.
I. Beléia, Adelaide Del Pino. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de
Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 664.6/.7

ALISSON DOS REIS CANTO

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS E HISTOLÓGICAS EM RAÍZES DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) ARMAZENADAS DAS
CULTIVARES CATARINA AMARELA E CATARINA BRANCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Adelaide Del Pino Beléia
UEL – Londrina – PR

Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior
IAPAR – Londrina – PR

Dr. Fabio Yamashita
UEL – Londrina – PR

Londrina, 15 de março de 2011.

DEDICATÓRIA

*A minha família pelo apoio e carinho que recebi
ao longo de minha vida e principalmente nesse
período do mestrado.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado forças para concluir mais essa etapa importante da minha formação.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho, meu sincero reconhecimento e agradecimento, em especial:

À minha família, pelas oportunidades, carinho, amor, apoio, ensinando-me lições de vida, ajudando a abrir diversas portas até chegar esta fase, sempre dizendo que no final iria dar tudo certo, OBRIGADO!

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), em particular ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade do desenvolvimento deste trabalho e obtenção do título de Mestre, além da acolhida.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos pela transmissão de conhecimento.

À professora Dra. Adelaide del Pino Beléia, pela orientação.

Ao professor Dr. Fábio Yamashita pelas orientações nas análises estatísticas e sugestões durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Dra. Elizabeth Strapasson pela colaboração e discussão nas análises estatística dos resultados.

Ao professor Dr. Moacyr Eurípedes Medri pela grande colaboração na minha iniciação no mundo da microscopia.

À professora Dra. Ana Paula Frederico Rodrigues Loureiro Bracarense pela colaboração para a concretização das análises microscópicas.

Ao Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior, pesquisador do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) pela disponibilização da matéria prima.

Ao técnico agrícola Namir Filipini Soler, pela ajuda na realização das coletas das amostras.

À Dr. Elza Youssef Youssef Matulaitis, pelo suporte durante o desenvolvimento das atividades laboratoriais.

À funcionária do Laboratório 753/754 Neusa Santos pela disposição em atender às minhas solicitações.

À amiga Karina Czaikoski, pela amizade e companheirismo, dividindo momentos de alegrias e tristezas, além da contribuição na execução da parte experimental.

À grande amiga Michele Rosset, pela grande contribuição no desenvolvimento das atividades laboratoriais, amizade, experiências divididas, carinho e momentos de descontração, mesmo estando em “momentos de tensão” no laboratório.

À grande amiga Marcela Moreira Terhaag pela amizade sincera, conselhos e ajuda prestada sempre que possível.

Aos amigos Camila Melo Araújo de Moura, Claudia Freitas Barbosa, Cleusa Inês Weber, Fernanda Assumpção Fiorda, Denis Fabrício Marchi, Juliana Bonametti Olivato, Luciana Reis Fontinelle Souto, Luciane Yuri Yoshiara, Luiz Alexandre Guizilini, Neide Kiyoko Kondo Kamizake, Rafael Mizubuti Brito e Tatiana Colombo Pimentel, Thiago Montagner pela convivência e momentos felizes que ficarão gravados na memória para sempre.

Aos amigos Carlos Alberto Schroeder dos Santos, José Luís C. Camargo e Noemia Kazue Ishikawa pelo apoio (mesmo que de longe), conselhos e lições que tiveram grande contribuição para minha formação acadêmica.

Ao colega Edemir José Pulita pela acolhida e atenção no início dessa jornada por Londrina.

À Sandra Rezende, secretária da pós-graduação em Ciência de Alimentos, pela presteza e profissionalismo.

A todos que torcem pelo meu sucesso, ajudado a manter o entusiasmo para seguir sempre em frente.

*Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.*

Fernando Pessoa

CANTO, Alisson Reis. **Alterações químicas e histológicas em raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) armazenadas das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

Dentre as cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) de ampla adaptação e distribuição no Paraná estão Catarina Amarela e Catarina Branca, que têm bom desempenho em produtividade e processamento para o mercado de alimentos frescos, mas não há informações sobre o armazenamento ou alterações após a colheita. No presente trabalho o objetivo foi avaliar e comparar as alterações químicas e histológicas que ocorrem após o armazenamento das raízes de mandioca das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca. As mandiocas cultivadas no Instituto Agrônomo do Paraná - Londrina-BR tiveram a parte aérea das plantas cortada 30 dias antes da colheita, e as raízes tuberosas colhidas aos 10 meses de idade, sendo estas armazenadas por 5 dias, sob condições ambiente e submetidos à avaliação do grau de deterioração fisiológica, medida instrumental da cor, teor de umidade, análise da atividade das enzimas polifenol oxidase e peroxidase, teor de compostos fenólicos, detecção e localização de peróxido de hidrogênio, conteúdo de carotenóides totais, celulose, lignina e microscopia ótica do parênquima. As cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca apresentaram alterações químicas e histológicas após o armazenamento, que foram mais pronunciadas na cultivar Catarina Amarela, com um maior grau de deterioração fisiológica, escurecimento, atividade da peroxidase, acúmulo de peróxido de hidrogênio e lesões histológicas no parênquima das raízes. Catarina Branca apresentou menor teor de carotenóides totais, maior umidade e teor de lignina após o armazenamento. Ambas as cultivares não demonstraram atividade da polifenol oxidase nem diferença no teor de compostos fenólicos, sendo a Catarina Branca a cultivar mais resistente às alterações pós-colheita.

Palavras-chave: Mandioca. Alteração pós-colheita. Composição química.

CANTO, Alisson Reis. **Chemical and histological changes in stored cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz) of cultivars Catarina Amarela and Catarina Branca.** 2011. 89 f. Dissertation (Master's Degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

Among the cultivars of cassava (*Manihot esculenta*) of wide adaptation and distribution in Paraná Catarina Amarela and Catarina Branca, have good performance in productivity and processing for the fresh food market, but there is no information on storage or alterations after harvest. In the present work the objective was to evaluate and compare chemical and histological changes occurring after harvest of cassava roots of cultivars Catarina Amarela e Catarina Branca. The cassava grown at Instituto Agronômico do Paraná - Londrina-BR, had the foliage of the plants cut 30 days before harvest, and roots were collected at 10 months of age. The roots were stored for 5 days at environment conditions and submitted to evaluation of the degree of physiological deterioration, instrumental color measurement, moisture content, analysis of the activities of the enzymes polyphenol oxidase and peroxidase, content of phenolic compounds, detection and localization of hydrogen peroxide, composition in carotenoids, cellulose, lignin, and microscopy of the parenchyma. The cultivars Catarina Amarela and Catarina Branca presented chemical and histological changes after storage, which were more pronounced in the cultivar Catarina Amarela, with a greater degree of physiological deterioration, browning, peroxidase activity, accumulation of hydrogen peroxide, and histological lesions in the parenchyma of the roots. Catarina Branca had lower total carotenoids, and a higher moisture and lignin content after storage. Cultivars Catarina Amarela and Catarina Branca had no polyphenol oxidase activity or difference in phenolic compounds content. Catarina Branca is a cultivar more resistant to pos harvest alterations.

Keywords: Cassava roots. Alteration after harvesting. Chemical composition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 –** Características morfológicas da planta de mandioca (*M. esculenta*). A-planta de mandioca; B-flores (B₁ masculina e B₂ feminina); C-fruto; D-semente; E-raízes (E₁fibrosa e E₂ tuberosa)22
- Figura 2 –** Esquema do corte transversal de uma raiz de mandioca, mostrando suas partes principais24
- Figura 3 –** Formação de ácido cianídrico a partir de linamarina27
- Figura 4 –** Potencialidades de uso de féculas (amido) de mandioca no Brasil30
- Figura 5 –** Raízes tuberosas de mandioca.A-Catarina Amarela;B-Catarina Branca37
- Figura 6 –** Secções das regiões de amostragem das raízes de mandioca para o procedimento das análises38
- Figura 7 –** Corte transversal da diferentes regiões de raízes tuberosas de mandioca após 5 dias de armazenamento sob condições ambientes. CA-Catarina Amarela; CB-Catarina Branca51
- Figura 8 –** Detecção de H₂O₂ em fatias de raízes de mandioca da cultivar Catarina Amarela por meio de infiltração a vácuo com DAB. Cada coluna representa uma região e cada bloco um tempo de armazenamento, antes (acima) e depois (abaixo) da infiltração67
- Figura 9 –** Detecção de H₂O₂ em fatias de raízes de mandioca da cultivar Catarina Branca por meio de infiltração a vácuo com DAB. Cada coluna representa uma região e cada bloco um tempo de armazenamento, antes (acima) e depois (abaixo) da infiltração68
- Figura 10 -** Secção transversal da inserção de raízes tuberosas da cultivar Catarina Amarela. A: xilema secundário no parênquima de reserva com grânulos de amido (x100); B: câmbio vascular após a colheita (xilema primário)(x100); C-D: Precipitado observado no parênquima de reserva das raízes

de mandioca após 5 dias de armazenamento(x100); E: Precipitado observado no parênquima de reserva (x400); F: câmbio vascular após 5 dias de armazenamento (xilema primário) (x100).77

Figura 11 – Secção transversal da inserção de raízes tuberosas da cultivar Catarina Branca. A: xilema secundário no parênquima de reserva com grânulos de amido (x100); B: câmbio vascular após a colheita (xilema primário)(x100); C-E: Precipitado observado no parênquima de reserva das raízes de mandioca após 5 dias de armazenamento(x100); F: câmbio vascular após 5 dias de armazenamento (xilema primário) (x100).78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição morfológica das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca	36
Tabela 2 –	Resumo da análise de variância com o valor de F calculado para os fatores de variação do planejamento fatorial 3x2x2 para os parâmetros avaliados nas regiões da inserção, meio e ponta de raízes das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca nos tempo 0 e 5 dias de armazenamento. Londrina-PR, 2010	48
Tabela 3 –	Valores médios do grau de deterioração fisiológica (DF) de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	49
Tabela 4 –	Valores médios do grau de deterioração fisiológica (DF) das 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	50
Tabela 5 –	Valores médios do parâmetro L* de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	53
Tabela 6 –	Valores médios do parâmetro L* nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	54
Tabela 7 –	Valores médios de umidade de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	56
Tabela 8 –	Valores médios de umidade nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	58

Tabela 9 –	Valores médios da atividade da Peroxidase (POD) nas 3 regiões em raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	60
Tabela 10 –	Valores médios da atividade da Peroxidase (POD) nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	62
Tabela 11 –	Valores médios do teor de compostos fenólicos totais de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	63
Tabela 12 –	Valores médios do teor de compostos fenólicos totais nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	64
Tabela 13 -	Valores médios do conteúdo de carotenóides totais de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	70
Tabela 14 –	Valores médios do conteúdo de carotenóides totais nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	71
Tabela 15 –	Valores médios do conteúdo de celulose de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	72
Tabela 16 –	Valores médios do conteúdo de celulose nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	73

Tabela 17 –	Valores médios do conteúdo de lignina de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	74
Tabela 18 –	Valores médios do conteúdo de lignina nas 3 regiões de raízes de mandioca (<i>M. esculenta</i>) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVO	20
3	REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1	A MANDIOCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	21
3.2	EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA DA MANDIOCA	25
3.3	MANDIOCA DE MESA X MANDIOCA INDUSTRIAL	26
3.4	FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA RAIZ DE MANDIOCA	28
3.5	DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DAS RAÍZES DE MANDIOCA	30
3.6	ESCURECIMENTO DAS RAÍZES DE MANDIOCA	32
4	MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1	MATERIAL	36
4.1.1	Raizes de Mandioca	36
4.2	MÉTODOS	38
4.2.1	Preparo das Amostras para Análises	38
4.2.2	Avaliação do Grau de Deterioração Fisiologica Pós-colheita	39
4.2.3	Análise Intrumental de Cor	39
4.2.4	Determinação do Teor de Umidade	40
4.2.5	Determinação da Atividade de Polifenol Oxidase (PPO) e Peroxidase (POD)	40
4.2.5.1	Obtenção do extrato enzimático	40
4.2.5.2	Determinação da atividade da PPO	41
4.2.5.3	Determinação da atividade da POD	41
4.2.6	Determinação do Teor de Compostos Fenólicos Totais	42
4.2.6.1	Extração dos compostos fenólicos	42
4.2.6.2	Análise do teor de compostos fenólicos	42
4.2.7	Detecção de Peróxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂) “ <i>in situ</i> ”	43
4.2.8	Determinação do Teor de Carotenóides Totais	43
4.2.8.1	Extração dos carotenóides totais	43
4.2.8.2	Análise do teor de carotenóides totais	44

4.2.9	Determinação do Teor de Celulose e Lignina.....	44
4.2.10	Observações Histológicas das Raízes de Mandioca	46
4.2.10.1	Confecção das lâminas	46
4.2.10.2	Observações histológicas	46
4.2.11	Análise Estatística dos Resultados	47
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	48
5.1	AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA PÓS-COLHEITA E PARÂMETRO L DE COR	49
5.2	TEOR DE UMIDADE	55
5.3	ATIVIDADE DE POLIFENOL OXIDASE (PPO), PEROXIDASE (POD) TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E DETECÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H ₂ O ₂) “ <i>IN SITU</i> ”	59
5.4	TEOR DE CAROTENÓIDES TOTAIS	69
5.5	TEOR DE CELULOSE E LIGNINA	72
5.6	OBSERVAÇÕES HISTOLÓGICAS DAS RAÍZES DE MANDIOCA	76
6	CONCLUSÕES.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

No âmbito mundial, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem se destacado como uma importante fonte energética para diversas populações, principalmente das regiões tropicais e subtropicais, sendo a mais importante fonte de carboidratos depois do arroz, da cana-de-açúcar e do milho para mais de 500 milhões de pessoas em todo mundo (EL-SHARKAWY, 2006).

A cultura de mandioca ocupa o sétimo lugar em área cultivada no mundo e o quarto nos trópicos. É nesse contexto que o Brasil encontra-se em lugar de destaque, estando entre os três maiores produtores mundiais (CAGNON *et al.*, 2002). Os estados brasileiros que se destacam no cultivo são: Pará, Paraná, Bahia, Rio Grande do Sul e Maranhão que, em conjunto, são responsáveis por mais de 50% da produção (IBGE, 2009).

Dentre as várias formas de utilização, pode-se destacar o consumo humano, seja ele direto, após o cozimento, ou formas processadas, como a farinha e a fécula (amido), até produtos com alta aplicação tecnológica, como xarope de glicose e amido modificado. Outras possibilidades são a sua utilização do amido de mandioca em inúmeras indústrias, tais como as de embalagens, colas, farmacêutica, têxtil, entre outras (ALVES; SILVA, 2003; SANTOS *et al.*, 2009).

No Brasil a mandioca de mesa é também conhecida como aipim ou macaxeira e caracteriza-se por apresentar teor de ácido cianídrico (HCN), menor que 50 mg/kg de polpa fresca de acordo com Conceição (1983). Além disso, é desejável que apresentem características culinárias como, cozimento rápido e resistência à deterioração (FUKUDA; BORGES, 1988; FUKUDA *et al.*, 1989).

Um dos principais problemas para cultura e mercado de mandioca é a rápida deterioração das raízes, o que limita em muito seu tempo de comercialização (CARVALHO *et al.*, 1985). Diversos autores consideram dois tipos de deterioração, uma de origem fisiológica, considerada primária, que se caracteriza pelo escurecimento vascular ao redor do parênquima que posteriormente se dispersa e ocorre 24-72 horas após a colheita, e outra, microbiológica, também conhecida como secundária causadora de vários tipos de podridões e que se inicia normalmente em torno do sexto dia de armazenamento (BOOTH *et al.*, 1976; REILLY *et al.*, 2003).

Segundo Miranda (2000), as cultivares de mandioca de mesa de ampla adaptação e distribuição no Estado do Paraná são: Catarina Amarela, Catarina Branca, IAC 576-70, IAPAR 19-Pioneira e Paulistinha. E ao estudar as características tecnológicas (tempo de descascamento e rendimento), agronômicas (comprimento, diâmetro, número de raízes por planta e produtividade) e de qualidade de seis cultivares de mandioca de mesa (Catarina Amarela, Catarina Branca, IAC 576-70, IAPAR 19-Pioneira, Mato Grosso e Pretona), observou que Catarina Amarela e Catarina Branca destacaram-se dentre as cultivares estudadas, apresentando maior comprimento médio das raízes 32,7 cm e 32,1 cm, diâmetro de 4,9 cm e 4,8 cm, produtividade de 5,0 kg/planta e 5,0 kg/planta e rendimento de 75,1% e 74,7% respectivamente. Catarina Amarela apresentou o menor tempo de descascamento manual (134,2 seg/kg) e Catarina Branca mostrou-se como a melhor combinação entre tempo de cozimento e rendimento para produção com colheitas acima dos 12 meses de idade.

Para seleção de variedades de cultivares de mandioca de mesa o conhecimento das características culinárias, toxidade e resistência à deterioração pós-colheita, é de grande importância para o contexto alimentar *in natura* e comercialização (FUKUDA; BORGES, 1988). Entretanto, destas características, a qualidade culinária é o parâmetro que apresenta o maior número de estudos para seleção de variedades, ficando o estudo da deterioração pós-colheita em segundo plano, porém a expansão do mercado depende em parte de cultivares que ofereçam menos riscos de perdas por deterioração (FUKUDA *et al.*, 1989).

Sabendo do desempenho das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca para o processamento e que trabalhos referentes à resistência destes cultivares a deterioração fisiológica não foram encontrados, torna-se necessário a realização de estudos referentes a este problema.

Booth (1976) afirma que as cultivares diferem em sua perecibilidade, independente das diferenças na severidade dos danos e que diversos constituintes físico-químicos e químicos das raízes podem ser responsáveis por essas diferenças varietais, destacando-se os compostos envolvidos em reações que provocam o escurecimento de tecidos, tais como, compostos fenólicos e enzimas como, polifenol oxidase e peroxidase, além de outros compostos que podem estar correlacionados à deterioração fisiológica.

As cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca já foram descritas como tendo boas características agronômicas e tecnológicas, assim, torna-se importante conhecer a resistência a deterioração para complementar o conhecimento sobre as propriedades das cultivares.

2 OBJETIVO

- Avaliar e comparar as alterações químicas e histológicas ocorridas após o armazenamento de raízes tuberosas de mandioca (*Manihot esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta pertencente à família Euphorbiaceae, uma das mais numerosas dentre as dicotiledôneas. Nessa família, são encontrados 290 gêneros e aproximadamente 7.500 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo, principalmente na América e na África (BARROSO *et al.*, 1984). Sabe-se que esta espécie é originária de regiões tropicais, havendo divergência entre autores sobre seu centro de origem exato, pois alguns defendem ser no Brasil, entretanto, há aqueles que admitem mais de uma área de origem no continente americano, indicando como prováveis centros a América Central, México e Brasil. Ainda há os que discordam da origem americana da planta, acreditando ser a África ou Ásia seu verdadeiro local de origem (CONCEIÇÃO, 1983).

A cultura de mandioca encontra-se distribuída entre os paralelos 30° de latitude Norte e Sul, estando em maior concentração entre os paralelos 20°N e 20°S, sendo que próximo ao equador é cultivada em altitudes de até 2.300 m e em altitudes menores ao distanciar-se do mesmo (COCK, 1982). A faixa de temperatura ideal para o seu desenvolvimento situa-se entre 20 e 27°C (média anual), podendo a planta crescer entre 16 e 38°C, sendo que baixas temperaturas retardam a germinação, diminuem a taxa de formação de folhas, o peso seco total e o peso seco das raízes. Com relação à precipitação pluvial adequada, encontra-se entre 1.000 e 1.500 mm/ano, bem distribuídos, sendo que em regiões tropicais, a mandioca produz em locais com índices de até 4.000 mm/ano (SOUZA; SOUZA, 2000).

Segundo Conceição (1983), a mandioca é uma planta perene, subarborescente, ereta, apresentando caule com altura entre 1 a 2 metros, excepcionalmente podendo atingir até 5 m. Apresenta folhas simples, inseridas no caule (rama) com disposição alterna-espiralada, são lobadas (1 a 9) e longamente pecioladas, variando quanto a cor, formato, número e tamanho, sendo que caem na maturidade (Figura 1A). As flores, unissexuais, ou seja, apresenta flores masculinas

e femininas separadas, são amarelas e miúdas, agrupam-se em pequenos cachos terminais (Figura 1B). O fruto, semelhante ao da mamona, é uma cápsula ovóide, com três sementes marmorizadas ou pretas (Figura 1C/D). Apresenta dois tipos de raízes: as fibrosas (Figura 1E₁), responsáveis pela absorção de água e nutrientes, além da fixação da planta ao solo, e as tuberosas (Figura 1E₂), que têm seu desenvolvimento associado a deposição de grânulos de amido (amiloplastos), podendo cada planta apresentar de 5 a 20 raízes, com 20 a 80 cm de comprimento e em diferentes formas: cilíndricas, cônicas, fusiformes, globosas e estranguladas, que variam dependendo da cultivar e do ambiente.

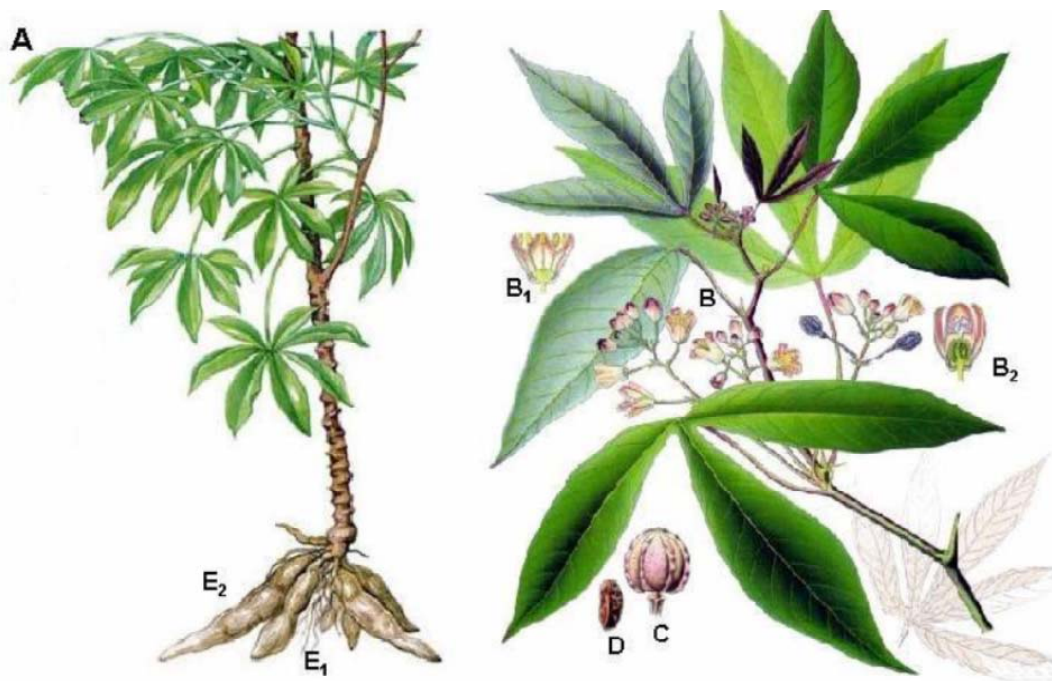


Figura 1 – Características morfológicas da planta de mandioca (*M. esculenta*). A - planta de mandioca; B - flores (B₁ masculina e B₂ feminina); C - fruto; D - semente; E - raízes (E₁ fibrosa e E₂ tuberosa) (Fonte: PEREIRA, 2009).

Com relação à fisiologia, a planta de mandioca para completar seu crescimento possui cinco fases, sendo quatro ativas e uma de repouso vegetativo. A 1ª fase conhecida como brotação da maniva acontece após sete dias do plantio. Sob condições favoráveis de umidade e temperatura, surgem as primeiras raízes fibrosas próximas as gemas e nas extremidades das manivas. A 2ª fase é a da formação do

sistema radicular, caracterizado por raízes fibrosas, responsáveis pela nutrição da planta, esta fase dura em média 70 dias. A 3ª fase é a do desenvolvimento da parte aérea da planta, onde cada cultivar desenvolve seu aspecto típico, a duração desta fase é cerca de 90 dias. O engrossamento das raízes de reserva acontece na 4ª fase, e corresponde á migração das substâncias de reserva para as raízes de armazenamento. Por fim, a 5ª fase, repouso da planta, ocorre naturalmente a perda da folhagem, encerrando suas atividades vegetativas e apenas ocorrendo a migração das substâncias de reserva para as raízes (TERNES, 2002).

A propagação pode ocorrer por sementes ou por meio agâmico, multiplicando-se através de segmentos da haste, ramos ou manivas (estacas). A propagação vegetativa (agâmica) ocorre por estacas lenhosas maduras (15-30 cm de comprimento) plantadas na horizontal, vertical ou inclinadas em terras planas ou sulcadas em densidades que variam de 5.000 – 20.000 mudas por hectare, dependendo do corte e da finalidade da produção (KEATING *et al.*, 1988). A propagação por sementes é utilizada principalmente em programas de melhoramento, embora a sua utilização na produção de mandioca comercial é uma opção promissora para evitar doenças associadas à propagação vegetativa (IGLESIAS *et al.*, 1994).

As raízes tuberosas de mandioca consistem de uma polpa envolvida por uma casca (espessura de 1,5 a 2,0 mm) (Figura 2). A casca é formada por uma película suberosa externa (periderma ou felema), que pode ter cor branca, rosa ou marrom, que é facilmente separada da raiz. Logo abaixo encontra-se o córtex (feloderma e floema), que encerra células ricas em amido, com boa consistência e cor branca e arroxeadas. A polpa, parte central carnosa (parênquima de reserva) é um tecido riquíssimo em amido, com pequena quantidade de vasos laticíferos, contém em seu centro o câmbio vascular e o xilema, sendo este constituído de feixes e fibras de natureza celulósica, que percorrem a raiz longitudinalmente (CONCEIÇÃO, 1983).

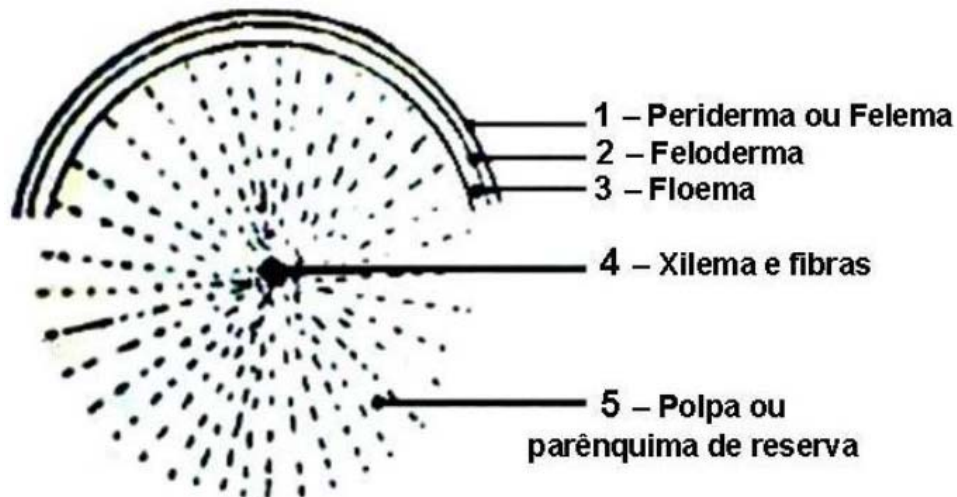


Figura 2 – Esquema do corte longitudinal de uma raiz de mandioca, mostrando suas partes principais

Fonte: Conceição (1983)

A composição da polpa da raiz tuberosa segundo a tabela brasileira de composição de alimentos é aproximadamente 62% de umidade, 34,1% de carboidratos (até 89% do peso seco), 1,9% de fibras. É pobre em proteína (1,1%) e lipídeos (0,3%), entretanto é rica em cálcio (15 mg/100 g) e vitamina C (16,5 mg/100 g) além de conter tiamina, riboflavina e piridoxina (NEPA/UNICAMP, 2006).

Devido à sua grande capacidade de adaptação a várias condições, fácil propagação, elevada tolerância a longas estiagens, rendimentos satisfatórios mesmo em solos de baixa fertilidade, potencial de resistência ou tolerância a pragas e doenças, e pouco exigente em insumos modernos, a cultura de mandioca tem recebido atenção, pois esta possui atributos ideais para as áreas mais pobres e secas do mundo, além de ser excelente reserva contra a fome e uma das fontes mais econômicas de amido (CAGNON *et al.*, 2002).

Outros aspectos importantes com relação à mandioca é que quando comparada com outras plantas de interesse agrônomo, esta é uma das mais eficientes na conversão de energia solar: 250 kcal/ha/dia (200 do milho, 176 do arroz, 114 do sorgo, e 110 do trigo) (BALAGOPALAN *et al.*, 1988). As raízes tuberosas produzem potencialmente mais calorias por unidade de área, do que qualquer outra cultura no mundo, com exceção da cana-de-açúcar (KEARSLEY; TABIRI, 1979).

3.2 A EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA DA MANDIOCA

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, a produção mundial de mandioca em 2008 alcançou o volume de mais de 232,9 milhões de toneladas (FAO, 2009). Em volume de produção encontra-se entre os cinco principais produtos alimentares (trigo, arroz, milho, batata, cevada e mandioca). Entre as tuberosas, é apenas menor que a de batata (IRMÃO, 2007). Em área cultivada ocupa o sétimo lugar no mundo e o quarto nos trópicos (CAGNON et al., 2002).

De acordo com dados da FAO (2009), o grande produtor é o continente africano (118.049.214 t), estando em segundo lugar o continente asiático (78.754.445 t) e em terceiro o continente americano (35.903.872 t), dos quais a quase totalidade dos países produtores concentra-se na América do Sul.

Embora atualmente o continente americano ocupe terceiro lugar na produção mundial, este já ocupou o segundo. A perda em participação no mercado se deu após uma fase de declínio em 2005 por problemas climáticos, e também o crescimento em ritmo superior no continente asiático, passando este a ocupar o segundo lugar na produção mundial. Estando a evolução da produção na Ásia fortemente influenciada pela Tailândia (VILPOUX, 2008).

Dentre os países produtores, a Nigéria é o maior produtor mundial (44,5 milhões de toneladas em 2008), o Brasil que em 2007 era o segundo maior produtor com 27,3 milhões, em 2008 perdeu sua colocação para Tailândia (27,5 milhões de toneladas), que passou a ser o segundo maior produtor de mandioca, caindo o Brasil (25,8 milhões de toneladas) para terceira colocação. Outros países que se destacam são: Indonésia (21,5 milhões), Congo (15 milhões), Gana (9,6 milhões), Vietnã (9,3 milhões), Índia (9 milhões), Angola (8,8 milhões), Tanzânia (6,6 milhões), Uganda (5 milhões), Moçambique (5 milhões), Paraguai (4,8 milhões) e China com 4,3 milhões de toneladas/ano em 2008 (FAO,2009).

No Brasil a mandioca é cultivada em todas as unidades da Federação e situa-se entre os nove primeiros produtos agrícolas do País, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção (IBGE, 2007). O cultivo ocorre nos mais diferentes sistemas, indo desde a produção tradicional de pequenos agricultores, com baixo nível tecnológico e produtividade, como ocorrem

principalmente nas zonas semi-áridas do Nordeste ou da Amazônia; até, produções em larga escala das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, com cultivos e colheitas semi-mecanizadas e alta produtividade (FARIAS et al., 2005 apud BRANDÃO, 2007).

Das regiões brasileiras o Nordeste é a região com maior área colhida (811.115 ha), apresentando forte aumento nos últimos anos. Entretanto apresenta produtividade agrícola muito baixa, sendo a produção principalmente destinada para fabricação de farinha, que não apresenta potencial para exportação. A região Norte ocupa a segunda colocação com (477.550 ha), sendo seguido do Sul (267.084 ha), Sudeste (122.454 ha) e por fim Centro-Oeste (82.375 ha) (IBGE, 2009).

Quando analisada a produtividade (toneladas – t/ha), segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2009 a região sul apresentou a maior (20,55 t/ha), sendo seguida pelas regiões sudeste (18,26 t/ha), centro-oeste (16,43 t/ha), norte (14,97 t/ha) e nordeste (10,08 t/ha) (IBGE, 2009).

Com relação aos estados, na safra de 2009, o Pará foi o principal produtor com 18,64% da safra nacional. Em segundo lugar o Paraná, com 14,98% e em terceiro a Bahia, com 14,08%. Destacaram-se também Rio Grande do Sul, Maranhão, Amazonas e São Paulo como grandes produtores (IBGE, 2009).

3.3 MANDIOCA DE MESA X MANDIOCA INDUSTRIAL

As raízes de mandioca podem ser classificadas como de mesa (mansas) ou industriais (bravas). Essa classificação tem como base o teor de ácido cianídrico (HCN), originado a partir dos glicosídeos cianogênicos, linamarina e lotaustralina, produtos do metabolismo secundário da planta, apresentando-se numa proporção de 93:7 respectivamente (PADMAJA, 1995).

A formação de HCN a partir da linamarina é um processo que acontece em duas etapas, como mostrado na figura 3, o qual inicialmente ocorre a deglicolisação e a clivagem a cianohidrina. Estas reações são catalisadas pela linamarase (β -glicosidase) e α -hidroxinitrila-liase. A etapa final é a quebra da cianohidrina formando HCN e cetonas, podendo essa última etapa ocorrer

espontaneamente (temperaturas maiores que 35°C ou pH acima de 4,0) ou catalisada pela enzima hidroxinitrila-liase (WESTBY, 2002).

1ª etapa

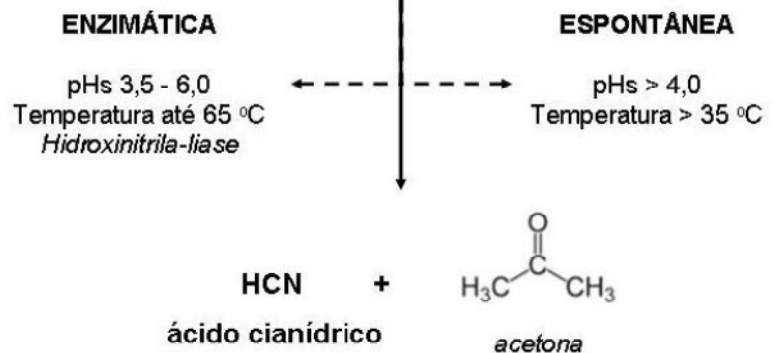
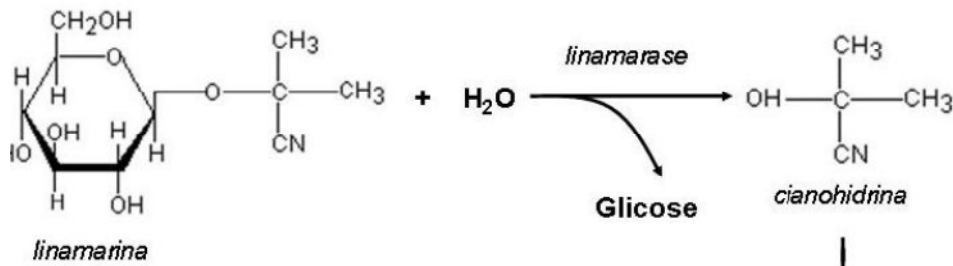


Figura 3 – Formação de ácido cianídrico a partir da linamarina
Fonte: Cagnon *et al.* (2002)

As enzimas hidrolíticas que participam das reações que geram HCN estão naturalmente presentes na mandioca, porém devidamente compartimentalizadas, para evitar contato com os glicosídeos, em condições normais. Qualquer processo de ruptura das células fará com que estas entrem em contato com os glicosídeos formando HCN (PADMAJA, 1995).

As raízes classificadas como de mesa apresentam teor de HCN geralmente menor que 50 mg/kg de raiz fresca. Além do reduzido teor de HCN, estas devem apresentar características específicas, tais como: o cozimento rápido e resistência à deterioração fisiológica (FUKUDA *et al.*, 1988), além de características agrônômicas desejáveis, tais como comprimento, forma, cor, facilidade de descascamento e alto teor de amido (FUKUDA; BORGES, 1988). Estas características são importantes, pois grande parte das mandiocas classificadas como de mesa são comercializada na forma *in natura* (CENTEC, 2004).

Para finalidade industrial, tem sido preferido no Brasil as cultivares do grupo das bravas, porque são as mais difundidas e que geralmente acusam maior produtividade que as cultivares de mesa (CONCEIÇÃO, 1983). A mandioca brava se diferencia da mandioca de mesa basicamente por apresentar maiores teores de HCN nas raízes, sendo estas destinadas ao processamento industrial, principalmente na forma de farinha e fécula. Tais culturas devem apresentar características desejáveis, tais como: precocidade e grande produtividade, elevados teores de amido e matéria-seca, polpa branca e raízes bem conformadas livres de estrangulamentos (CENTEC, 2004).

Embora o HCN seja um composto tóxico, potente inibidor da atividade de enzimas da cadeia respiratória, o maior ou menor teor deste é de importância secundária em certas indústrias, pois o processamento tecnológico (operações de lavagens, desidratação, cozimento, fermentação e prensagem seguida de aquecimento) tem justamente como objetivos: redução da toxicidade através da liberação destes compostos, além de melhorar a aceitabilidade e o armazenamento. Assim o processamento é adequado e primordial para converter a mandioca em alimento seguro (CONCEIÇÃO, 1983; PADMAJA, 1995).

3.4 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DA RAIZ DE MANDIOCA

Como fonte de energia, a mandioca é utilizada na alimentação, servindo como matéria prima a vários produtos, desde os mais básicos, como a farinha e a fécula, até aqueles com alta aplicação tecnológica, como os química e fisicamente modificados (SANTOS et al., 2009).

Aproximadamente 70% das raízes de mandioca são utilizadas para consumo humano, diretamente após o cozimento, ou em formas processadas, e os 30% restantes são utilizadas como ração animal e outros produtos industriais como amido, glicose e álcool (EL-SHARKAWY, 2003).

O consumo culinário das raízes de mandioca é bastante generalizado em todo mundo, sendo a forma mais utilizada na América Latina e na África a mandioca cozida, assada, frita ou integrando pratos mais complexos. O

maior consumidor de mandioca na forma cozida é o Paraguai, com uma média de consumo per capita de 1kg/habitante/ano (OLIVEIRA et al., 2003).

No Brasil, as regiões Nordeste e Norte destacam-se como principais consumidoras, sendo a produção essencialmente utilizada na dieta humana, na forma de farinha. Já nas regiões Sul e Sudeste, a maior parte da produção é orientada para indústria, principalmente nos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina (CARDOSO, 2003).

O amido de mandioca (fécula) natural possui um sabor suave e pasta clara, podendo ser usado para diversos fins industriais. Na indústria de alimentos pode ser utilizado: como espessante, devido às propriedades de gelatinização; como recheio, aumentando o teor de sólidos; como ligante ou estabilizante, impedindo a perda de água. Na indústria têxtil pode ser utilizado: na engomagem, para reduzir ruptura e desfibramento nos teares; na estamparia, para espessar os corantes e agir como suporte das cores; e no acabamento, para aumentar a firmeza e o peso de tecidos. Na indústria de papel é normalmente utilizado: para dar corpo, aumentando a resistência a dobras; como goma, para sacos comuns de papel, papel laminado, ondulado e caixas de papelão em geral (SANTOS, 2005).

O amido de mandioca, pode ainda sofrer diversas modificações físicas, químicas ou enzimáticas, dando-lhe características próprias para aplicações industriais específicas, como por exemplo, na elaboração de: polvilho doce, polvilho azedo, amidos modificados, amido prégelatinizado, amido modificado por ácidos, amido fosfatado, amido oxidado por hipoclorito de sódio, amido inter cruzado ou amido com ligação cruzada, glicose e xarope de glicose, entre outras utilizações possíveis (Figura 4) (SANTOS, 2005).

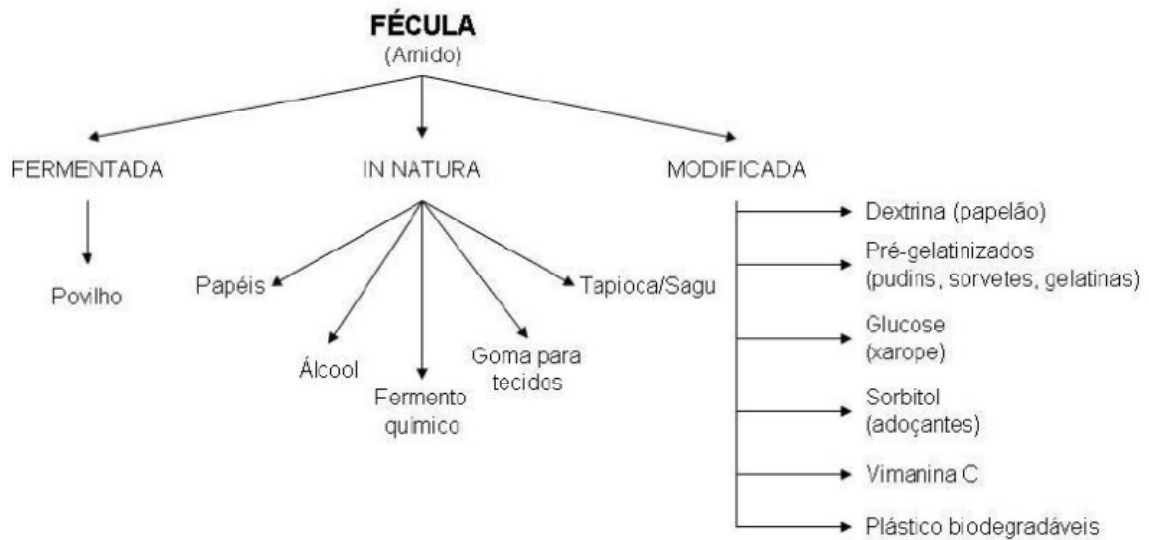


Figura 4 – Potencialidades de uso de fécula (amido) de mandioca no Brasil
Fonte: Alves e Silva (2003).

3.5 DETERIORAÇÃO PÓS-COLHEITA DAS RAÍZES DE MANDIOCA

Para Van Oirschot et al. (2000), a deterioração pós-colheita em geral começa 24 horas após a colheita. Segundo Pedroso (2005), esta extrema perecibilidade das raízes pode estar ligada à quantidade de água existente, que é em torno de 60%. Entretanto Cereda e Vilpoux (2003) consideram essa uma visão equivocada, quando se compara a raiz de mandioca a outras matérias primas.

Diversos autores consideram dois tipos de deterioração: uma de origem fisiológica, considerada primária, que se caracteriza pelo escurecimento vascular ao redor do parênquima e que posteriormente se dispersa. E outra microbiológica, também conhecida como secundária, causadora de vários tipos de podridões (BOOTH *et al.*, 1976).

A deterioração fisiológica é caracterizada pela descoloração e aparecimento de estrias ou veias de coloração azuladas, de origem enzimática oxidativa, geralmente mais intensa nas proximidades da periferia da raiz, sem que ocorra ação microbiana na região (CEREDA; VILPOUX, 2003). Esta ocorre em 24-72 horas após a colheita, dependendo da cultivar e das condições ambientais, e é mais importante para a mandioca de mesa do que para a mandioca destinada à indústria, isto devido às alterações na aparência, sendo esta a causa inicial da perda

de aceitabilidade de raízes *in natura* nos mercados (LORENZI, 2003; REILLY *et al.*, 2003).

O rápido desenvolvimento da deterioração fisiológica tem sido fortemente associado com danos mecânicos, que ocorrem durante a colheita e manipulação das raízes de mandioca (BOOTH, 1976). Pois, como na maioria das plantas, o dano tecidual resulta em uma cascata de respostas, cuja finalidade é a defesa do tecido ferido e a subsequente selagem do tecido exposto pela regeneração de uma barreira protetora (formação periderme). As respostas estão relacionadas diretamente com enzimas, tais como fenilalanina amônia-liase, que conduzem à biossíntese de fenóis, estes podendo atuar diretamente como compostos de defesa (quinonas, fitoalexinas), ou formar polímeros, tais como a lignina, que tornam as paredes celulares mais resistentes a perda de água e a ataque de enzimas microbianas (WENHAM, 1995).

A deterioração secundária ou microbiológica normalmente ocorre após a deterioração fisiológica ou primária e apresenta os primeiros sintomas de 5 a 7 dias após a colheita (BOOTH, 1976). Esta envolve a ação de microrganismos e ocorre quando agentes patogênicos penetram através de feridas e contusões sofridas durante a colheita e manipulação, provocando o surgimento de amolecimento e fermentação do tecido (PADMAJA; BALAGOPAL, 1985). Entretanto, esta deterioração é relativamente menos importante que a primária, uma vez que seus sintomas só costumam ocorrer após as raízes já terem se tornado inaceitáveis para consumo humano devido à deterioração fisiológica (PLUMBLEY; RICKARD, 1991).

É importante destacar que, sob condições de aerobiose, os fungos são os principais agentes de podridões secas e, sob baixa tensão de oxigênio, predominam bactérias de gênero *Bacillus*, causando podridões moles e aumento de acidez, podendo ocorrer também incidência de brocas (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Tradicionalmente, o problema de deterioração tem sido superado deixando as raízes na terra até que sejam necessárias, e uma vez colhidas, devem ser consumidas, comercializadas ou processadas imediatamente (FAO, 2007).

Para industrialização em larga escala, a solução de manter as raízes na terra é adequada (CONCEIÇÃO, 1983). Entretanto segundo Cereda e Vilpoux (2003) este sistema tem muitas desvantagens. A maior delas é que grandes extensões de solo permanecem ocupadas por uma cultura já madura, além disso,

quando as raízes permanecem no solo aumenta a possibilidade de ocorrerem perdas como as podridões.

Para a mandioca de uso culinário, a conservação é ainda mais importante. Sendo as alterações pós-colheita altamente prejudiciais na comercialização desta, e a opção de manter as raízes na terra menos viável, pois embora as raízes possam aumentar de tamanho, estas tornam-se mais fibrosas e, conseqüentemente, com menor teor de amido (CEREDA; VILPOUX, 2003). Entretanto, Pereira e Beléia (2004) ao caracterizarem material de parede celular de 2 cultivares de mandiocas observaram que as raízes que passaram mais tempo para serem colhidas (19 meses) apresentaram menor teor de fibra bruta que as colhidas após 7 meses de plantio.

3.6 O ESCURECIMENTO DAS RAÍZES DE MANDIOCA

Segundo Cereda e Vilpoux (2003), as maiores perdas pós-colheita da raiz de mandioca se dão por evaporação da água e oxidação de fenólicos, que leva ao escurecimento dos tecidos.

Padmaja et al. (1982) observaram que o escurecimento dos tecidos durante a deterioração fisiológica estava relacionado às mudanças oxidativas das substâncias fenólicas e às enzimas envolvidas na oxidação destes compostos.

Os principais compostos fenólicos que tiveram seu conteúdo aumentado durante a deterioração fisiológica foram a escopoletina, escopolina, esculetina, (+)catequina e galocatequina (PLUMBLEY; RICKARD, 1991). Sendo os três primeiros compostos citados fluorescentes (BUSCHMANN *et al.*, 2000b).

Buschmann et al. (2000a) detalharam melhor o acúmulo destes compostos e detectaram a presença de (+)catequina, (+)catequina-galato e galocatequina inicialmente 24-48 horas após a colheita, sendo que, em 7 dias, houve um declínio destes compostos e, depois de 10 dias, estes foram dificilmente detectáveis. Também se observou que a esculetina e escopoletina foram acumuladas em um ou dois diferentes estágios. Vinte e quatro a quarenta e oito horas após a colheita (variando com a cultivar) estes compostos aumentaram e depois diminuíram gradualmente, sendo observado um segundo acúmulo menos

pronunciado algumas vezes após 4 a 6 dias. O primeiro aumento pode ser interpretado como uma resposta direta a lesões, enquanto o segundo pode ser uma resposta defensiva à invasão de microrganismos (BUSCHMANN *et al.*, 2000b).

Estudos afirmam que o aumento do teor de compostos fenólicos em plantas funciona como mecanismo de defesa à injúria. Com relação à mandioca, sabe-se que quando as raízes são descascadas ou injuriadas, há o rompimento de células e consequente disponibilização de substratos (ortofenóis, como os flavonóides, taninos e alcalóides), via injúrias e vasos do xilema. O acesso de oxigênio aos tecidos internos das raízes favorece, então, que estes substratos reajam com suas respectivas enzimas (polifenol oxidase - PPO, peroxidase - POD, fenilalanina amônio liase - PAL, etc.). Desencadeia-se, assim, o acúmulo de derivados de quinonas, que subsequentemente sofrem polimerização, formando melaninas. O acúmulo destas melaninas é que vai acarretar no escurecimento (ESKIN *et al.*, 1971; FRIEDMAN, 1996).

Chalfoun *et al.* (1982), ao estudarem as alterações físico-químicas e químicas sobre a resistência de cultivares de mandioca à deterioração microbiológica, concluíram que quanto maior o acúmulo de compostos fenólicos menor foi a incidência de deterioração microbiológica. Rodriguez *et al.* (2000) *apud* Buschmann *et al.* (2000b) analisaram as possíveis funções de alguns dos compostos acumulados no tecido escurecido da deterioração fisiológica, e mostraram que a escopoletina isolada de mandioca apresentou atividade antimicrobiana contra uma variedade de diferentes fungos e bactérias; entretanto, a esculina, escopolina e esculetina não apresentaram.

Estes dados são reforçados por Campos e Silveira (2003) que afirmam que a oxidação de compostos fenólicos pelas enzimas polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD) geram produtos tidos como potentes bactericidas e fungicidas, que são produzidos rapidamente e se acumulam, após a infecção, sendo altamente tóxicos para os patógenos.

Em raízes de mandioca, em 24-48 horas após a colheita durante o armazenamento, foi observado o aumento nas atividades de várias enzimas como a PPO, POD, fenilalanina amônia liase (PAL), invertase ácida e amilase (RICKARD, 1981).

Embora diversos autores, como Data *et al.* (1984) e Padmaja *et al.* (1982), citem a correlação da atividade da PPO com o escurecimento do tecido

durante o desenvolvimento da deterioração fisiológica das raízes de mandioca, esta opinião não é unânime e os resultados controversos, parecendo a relação desta enzima com a deterioração fisiológica estar associadas às cultivares e aos métodos de extração desta enzima (KATO *et al.*, 1991).

Padmaja *et al.* (1982) evidenciaram que a PPO é uma enzima altamente associada com a deterioração vascular azul nas raízes de mandioca, pois a PPO oxida os polifenóis em quinonas que podem formar complexos coloridos com aminoácidos e outras micromoléculas das células, resultando na deterioração azul.

Entretanto Wang *et al.* (1983) ao trabalharem com seis cultivares de mandioca concluíram que a atividade da PPO não estava correlacionada com a deterioração fisiológica da mandioca. A mesma conclusão foi obtida por Carvalho *et al.* (1985), porém sendo observado que o teor de compostos fenólicos estavam correlacionados com a deterioração.

Há diversos autores, como Carvalho *et al.* (1985) e Rickard e Gahan (1983) que citam uma ligação da POD com a deterioração fisiológica, sendo uma das explicações propostas para o aparecimento das listras vasculares observadas na deterioração fisiológica é que estas são resultantes da oxidação da escopoletina pela POD, originando um produto azulado de estrutura desconhecida. Dados de localização indicam que dentro do parênquima da raiz de mandioca encontram-se todos os componentes necessários a reação, ou seja, escopoletina, H₂O₂ e POD, que inicialmente localizam-se nas proximidades dos vasos do xilema, onde os sintomas das estrias vasculares ocorrem primeiramente (REILLY *et al.*, 2003).

Há também aqueles que acreditam na ação conjunta das duas enzimas PPO e POD, como responsáveis pelo escurecimento como Kato *et al.* (1991) e Uritani *et al.* (1983).

A participação de enzimas endógenas na formação das estrias vasculares foi demonstrada por Avarre (1967) *apud* Rickard e Coursey (1981), que observou que o desenvolvimento destas foi inibida por tratamento térmico (branqueamento a 53°C por 45 minutos) ou por manutenção das raízes sob água, em condições anaeróbicas.

Assim, o grau de escurecimento depende da presença de O₂, dos teores de compostos fenólicos e da atividade de enzimas. Por sua vez, o teor de fenólicos varia com a cultivar, o estágio de desenvolvimento, o processamento e a forma de armazenamento do produto (AMIOT *et al.*, 1995).

Sabe-se que, ao contrario de algumas outras raízes, o escurecimento dos tecidos em raízes de mandioca não se restringe a área do ferimento, mas se difunde por toda a raiz (RICHARD, 1985). Essa difusão também ocorre durante o escurecimento vascular ao redor do parênquima que posteriormente se dispersa (URITANI, 1999). Essa dispersão também já foi descrita por Drummond (1953) *apud* Plumbley e Rickard (1991) que, ao estudar a descoloração vascular sob aspectos citológicos e citoquímicos, descreveu o escurecimento das membranas celulares e a formação de oclusões escuras nos vasos xilemáticos, que se espalham para o tecido parenquimal vizinho. E ao acompanhar o desenvolvimento das oclusões do xilema o autor observou a formação de material pigmentado, denso e granular, constituído de lipídeos, carboidratos e fenóis.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios de pesquisa do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR. Baseando-se em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições em triplicatas.

4.1 MATERIAL

4.1.1 Raízes de Mandioca

Foram utilizadas raízes tuberosas de duas cultivares de mandioca de mesa, Catarina Amarela e Catarina Branca (Tabela 1/Figura 5), cultivadas em Londrina (PR – Brasil) no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) a 23° 18' 37" de latitude Sul, 51° 09' 46" de longitude Oeste, altitude média de 576 m, clima segundo a classificação de Köppen é subtropical (Cfa). As médias das temperaturas máximas e mínimas são, respectivamente 27,3°C e 16°C e a precipitação média anual é de 1.606 mm (IPARDES, 2010).

Tabela 1 – Descrição morfológica das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca.

Cultivar	Cor da polpa	Cor da película	Cor do Córtex	Cor do caule	Cor do broto	Cor da folha	Cor do pecíolo
Catarina Amarela	Amarela forte	Marron	Creme	Amarelo	Roxa	Verde	Verde
Catarina Branca	Branca	Marron claro	Branco	Amarelo escuro	Verde-roxa	Verde	Verde

Fonte: Miranda (2000)



Figura 5 – Raízes tuberosas de mandioca. A - Catarina Amarela; B - Catarina Branca.

O plantio foi realizado em 8 de outubro de 2009, em solo classificado como terra roxa estruturada eutrófica, com tratamentos culturais feitos de acordo com a necessidade, mantendo a cultura limpa, sempre que necessária para o controle das plantas daninhas.

As raízes foram colhidas manualmente, 10 meses após o plantio, agosto de 2010, sendo a parte aérea da planta (ramas) cortada 30 dias antes da colheita.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Preparo das Amostras para Análises

Após a colheita, as raízes foram transportadas em contêdores plásticos sob condições ambientes para o laboratório de Ciência de Alimentos do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UEL, onde foram lavadas em água corrente com escova de cerda macia e secadas à sombra, sendo selecionadas apenas raízes de comprimento médio (20 a 40 cm) conforme classificação de Fukuda e Borges (1988) para o experimento.

As extremidades proximais e distais das raízes intactas foram destacadas, sendo a extremidade distal coberta com película de PVC (Cloro de polivinila) (Figura 6), para evitar com que a deterioração fisiológica começasse a partir desta extremidade, fazendo com que se inicie a partir da extremidade proximal, seguindo método utilizado por Buschmann et al. (2000a); Wheatley (1982) *apud* Van-Oirschot et al. (2000) e Oliveira (2007).

Inicialmente (0 dia) e após 5 dias de armazenamento, sob condições ambientes, 5 raízes de cada cultivar foram ao acaso retiradas para serem analisadas. Sendo as raízes seccionadas transversalmente e obtidos 3 pedaços de aproximadamente 5 cm de comprimento, 2 das extremidades, proximal (Inserção) e distal (ponta), e 1 da região mediana da raiz (Figura 6).

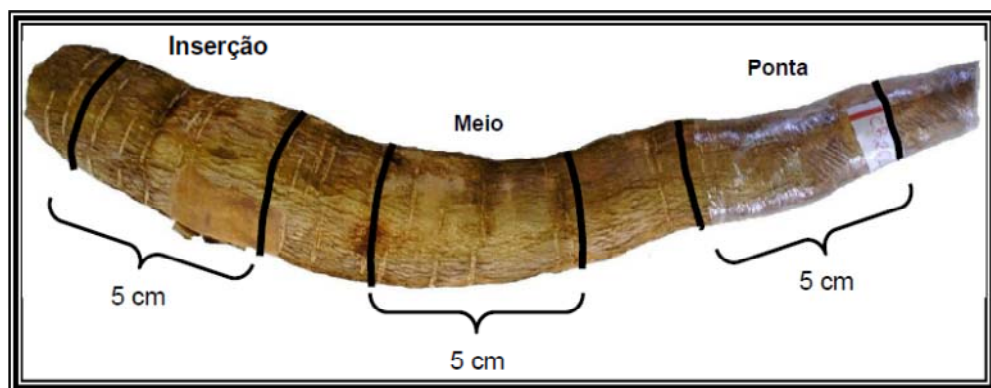


Figura 6 – Seções das regiões de amostragem das raízes de mandioca para o procedimento das análises.

Cada região separadamente foi submetida à avaliação do grau de deterioração fisiológica, análise instrumental de cor, determinação do teor de umidade, análise das atividades das enzimas polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD), teor de compostos fenólicos totais, detecção e localização de H_2O_2 *in situ*, carotenóides totais, celulose, lignina, além de avaliações histológicas do parênquima de reserva.

4.2.2 Avaliação do Grau de Deterioração Fisiológica Pós-colheita

O grau de deterioração fisiológica das raízes foi determinado conforme método descrito por Paranaíba et al. (1996), no qual as regiões deterioradas dos extremos de cada região de amostragem, obtidas no item 4.2.1, foram delimitadas em filme PVC com caneta de retroprojektor. Estes filmes foram fotocopiados, e a porcentagem de área afetada determinada da seguinte maneira: primeiramente a área total foi pesada em balança analítica e em seguida as áreas delimitadas foram recortadas e pesadas.

Avaliou-se ainda, a intensidade das manchas seguindo uma escala de pontos de 1 a 3 (1=leve; 2=moderada; 3= intensa)

A porcentagem da deterioração fisiológica de cada região foi determinada multiplicando a média da porcentagem de área transversal afetada pela intensidade do escurecimento.

4.2.3 Análise Instrumental de Cor

O escurecimento das raízes de mandioca foi determinado por reflectância no colorímetro, conforme método descrito por Miranda (2000), no qual foram cortadas secções transversais de 2 cm de espessura dos extremos de cada região de amostragem, obtidas no item 4.2.1, e com auxílio de um colorímetro portátil digital (CR-400 - KONICA MINOLTA), utilizando o sistema Hunter (CIELAB), tomou-se o valor de L^* , parâmetro este que indica a luminosidade, variando de preto

(0) para branco (100). Sendo realizadas 4 leituras em pontos diferentes da superfície.

4.2.4 Determinação do Teor de Umidade

O teor de umidade foi determinado conforme método gravimétrico (Método 44-15) descrito pela AACCC (1995). Sendo 5 g de amostra fresca previamente seca por 18 horas em estufa a 40°C com circulação de ar, para evitar a caramelização, e então seca em estufa a 105°C até peso constante.

4.2.5 Determinação da Atividade da Polifenol Oxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

A atividade das enzimas PPO e POD foram determinadas conforme método descrito por Ponting e Joslyn (1948) e Ferhmann e Diamond (1967) respectivamente, e com modificações propostas por Nogueira e Silva (1989).

4.2.5.1 Obtenção do extrato enzimático

Para obtenção do extrato enzimático, 20 g de mandioca fresca com 80 mL de água destilada gelada foram trituradas por três minutos. O material foi centrifugado a 5.500 rpm, por 15 minutos, em refrigeração. O sobrenadante coletado foi utilizado como fonte enzimática (extrato enzimático), sendo acondicionado em banho de gelo até o momento de uso para determinação da atividade de ambas as enzimas.

4.2.5.2 Atividade da PPO

A atividade da PPO foi determinada usando como substrato 3 mL de catecol 0,1M em 96 mL de tampão fosfato 0,2M (pH 6), sendo deixado em banho-maria a 30°C até estabilizar a temperatura. Ao substrato foi adicionado 1 mL do extrato enzimático, sendo então homogeneizado e efetuadas 6 leituras da absorbância em espectrofotômetro, de 1 em 1 minuto, em 425 nm. Como branco, foi utilizado apenas o substrato (catecol 0,1M e tampão fosfato 0,2M).

A atividade enzimática foi expressa em unidade enzimática (UE). Uma unidade da enzima é definida como a quantidade de enzima que causou um aumento na absorvância de 0,001 unidades por minuto.

Calculo para Determinação da Unidade Enzimática (U/mL.min):

$$UE = \frac{(\Delta Abs \times 1000)}{\Delta t \times b \times V}$$

Em que:

ΔAbs = variação da absorbância durante o tempo de leitura;

Δt = Variação do tempo (min);

b = passo óptico (1cm);

V = Volume da amostra (mL).

4.2.5.3 Atividade da POD

A atividade da POD foi determinada adicionando a 2 mL do extrato enzimático 20 mL de tampão fosfato 0,2M (pH 6), sendo deixado em banho-maria a 25°C até estabilizar a temperatura. Como substrato foram adicionado respectivamente 1 mL de guaiacol 0,5% e 1 mL de H₂O₂ 0,08%, ao extrato enzimático previamente preparado e acondicionado a 25°C, sendo então rapidamente homogeneizado e efetuadas 6 leituras da absorbância em espectrofotômetro, de 1 em 1 minuto, em 470 nm. Como branco, foi utilizado à mistura de tampão fosfato 0,2M, extrato enzimático e guaiacol a 0,5%.

A atividade enzimática foi expressa em unidade enzimática (UE) assim como para PPO.

4.2.6 Determinação do Teor de Compostos Fenólicos Totais

4.2.6.1 Extração dos compostos fenólicos

Os compostos fenólicos totais foram extraídos conforme método descrito por Adom e Liu (2002). O qual foram extraídos de 1 g de amostra de mandioca fresca, com 20 mL de etanol 80% e agitado a 100 rpm, por 20 minutos, a temperatura ambiente em mesa agitadora. A suspensão foi centrifugada a 4.500 rpm, por 20 minutos e o sobrenadante (extrato contendo os compostos fenólicos livres) coletado.

O resíduo decantado na centrifugação foi re-extraído, duas vezes, com 10 mL de etanol 80%, e os sobrenadantes combinados. O extrato contendo os compostos fenólicos foi concentrado em rotavapor a 40°C ficando este estocado a -22 °C até o momento do uso para determinação do teor de compostos fenólicos solúveis presentes na amostra.

4.2.6.2 Análise do teor de compostos fenólicos

A quantificação de compostos fenólicos foi realizada pelo método espectrofotométrico, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Swain e Hillis (1959). A quantidade total de fenóis de cada extrato foi quantificada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico.

Para a reação colorimétrica, a uma alíquota de 0,5 mL dos extratos (fenólicos solúveis e insolúveis) devidamente diluídos foram adicionado 2,5 mL de solução aquosa do reativo Folin-Ciocalteu a 10% e 2 mL de carbonato de sódio a

7,5%. A mistura foi mantida por 5 minutos em banho-maria a 50 °C e, posteriormente, a absorbância medida a 760 nm.

Como branco, foi utilizada água destilada, a mistura de solução aquosa do reativo Folin-Ciocalteu a 10% e carbonato de sódio a 7,5%.

4.2.7 Detecção de Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) “*in situ*”

O peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi detectado conforme método descrito por Thordal-Christensen et al. (1997), com adaptações. No qual, metade das secções transversais de 0,25 cm de espessura da superfície de cada região de amostragem, obtidas no item 4.2.1, foi imersa em 10 mL de solução de 3,3 Diaminobenzidine (DAB) (2 mg/mL, pH 3,8) sob vácuo por 3 horas e depois a temperatura ambiente. Sendo a presença de H₂O₂ detectada pela formação de um precipitado marrom formado da polimerização do DAB após entrar em contato com esta. Como controle, a secção foi submetida à solução DAB com ácido ascórbico a 10 mM (não forma coloração marrom).

4.2.8 Determinação do Teor de Carotenóides Totais

O teor de carotenóides totais foi determinado conforme método descrito por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004).

4.2.8.1 Extração dos carotenóides totais

Para extração dos carotenóides totais, aproximadamente 10 g de mandioca fresca e 3 g de celite (agente auxiliador de extração e de filtração), foram transferidas para um almofariz, sendo a mistura macerada com o auxílio de um pistilo e adicionando-se 50 mL de acetona resfriada a 4°C. Em seguida, o material foi filtrado em funil de Büchner com papel filtro, lavando com acetona até que todo o

resíduo ficasse completamente incolor. O filtrado foi transferido para um funil de separação, contendo 20 mL de éter de petróleo, sendo a acetona retirada do filtrado por meio de adições sucessivas de água destilada e descartada a parte inferior das fases separadas no funil. Transferiu-se o extrato superior para um balão volumétrico de 25 mL, passando este por um funil contendo sulfato de sódio anidro, para a retirada da água residual e o volume completado com éter de petróleo.

4.2.8.2 Análise do teor de carotenóides totais

A determinação dos carotenóides totais foi feita segundo o método espectrofotométrico, que consiste na leitura dos pigmentos transferidos para éter de petróleo, em comprimento de onda de 453 nm. Como branco, foi utilizado apenas éter de petróleo.

Calculo para Determinação do Teor de Carotenóides Totais ($\mu\text{g/g}$):

$$CT = \frac{Abs \times V \times 10^4}{A_{1\text{cm}1\%} \times P_A}$$

Em que:

Abs = Absorbância;

V = Volume total do extrato (25 mL);

$A_{1\text{cm}1\%}$ = Coeficiente de absorbância de β -caroteno em éter de petróleo (2592);

P_A = Peso da amostra (g);

4.2.9 Determinação do Teor de Celulose e Lignina

A determinação do teor de celulose e lignina seguiu o método de microdigestão (sistema de Van Soest modificado) descrito por Waldern (1971) *apud* Mizubuti et al. (2009), o qual 0,35 g de amostra de mandioca seca obtida no item 4.2.4 foi digerida em 35 mL de solução detergente ácido em bloco digestor. Sendo

aquecido até a fervura e posteriormente a temperatura ajustada para aproximadamente 135°C por 60 minutos, a partir do início da fervura.

Em seguida, foi realizada a filtração por sucção a vácuo, em cadinho filtrante de porosidade média. O resíduo da digestão foi lavado com água destilada quente, para remoção de todo complexo gelatinoso formado, sendo posteriormente lavado por duas vezes com 40 mL de acetona, e seco em estufa a 105 °C, por aproximadamente 12 horas, após este período foram deixados em dessecador e posteriormente pesados (P₁).

Aos cadinhos contendo o resíduo seco foi adicionado ácido sulfúrico a 72% até cobrir a amostra, sendo bem homogeneizado para fazer com que o ácido entre em contato com todas as partículas da amostra. O volume do cadinho foi sempre completado com a solução de ácido sulfúrico, deixando a solução passar lentamente pela amostra por 3 horas. Quando esgotada a solução de ácido, o resíduo foi lavado abundantemente com água destilada quente e os cadinhos com o resíduo foram secos em estufa a 105°C por 12 horas e em seguida deixados em dessecador para posterior pesagem (P₂). Sendo o teor de celulose nas amostras obtido pela diferença de peso do resíduo antes (P₁) e do resíduo após o tratamento com ácido sulfúrico 72% (P₂).

Calculo para Determinação do Teor de Celulose:

$$\text{Celulose (\%)} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_A} \times 100$$

Em que:

P₁ = peso do cadinho + resíduo seco em estufa a 105 °C após microdigestão (g);

P₂ = peso do cadinho + resíduo seco em estufa a 105°C após o tratamento com ácido sulfúrico 72% (g);

P_A = peso das amostras seca (g).

Em seguida os cadinhos foram levados a mufla a 500 °C por 3 horas e posteriormente esfriados em dessecador para novamente serem pesados (P₃). Sendo o teor de lignina nas amostras obtido pela diferença de peso do resíduo após o tratamento com ácido sulfúrico 72% (P₂) e do resíduo calcinado (P₃).

Calculo para Determinação do Teor de Lignina:

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{(P_2 - P_3)}{P_A} \times 100$$

Em que:

P_2 = peso do cadinho + resíduo seco em estufa a 105°C após o tratamento com ácido sulfúrico 72% (g);

P_3 = peso do cadinho + resíduo após calcinação em mufla (g);

P_A = peso das amostras seca (g).

4.2.10 Observações Histológicas das Raízes de Mandioca

4.2.10.1 Confeção das lâminas

A confecção de lâminas para as observações microscópicas foram realizadas a partir de cortes transversais do material fresco do parênquima de reserva da inserção das raízes de mandioca, dos quais secções foram obtidas a mão livre, com o auxílio de uma lâmina do tipo gilete.

As secções foram coradas com a combinação de solução alcoólica de fluoroglucina 1% e solução de ácido clorídrico a 25% (JOHANSEN, 1940) e por fim a lamínula aderida à lâmina

4.2.10.2 Observações histológicas

As lâminas foram observadas em um microscópio óptico com câmera para captura de imagem (Motic B1- JVC TK-CI380) e as imagens digitalizadas a partir do software Motic Images Plus 2.0 nas condições ópticas adequadas.

4.2.11 Análise Estatística dos Resultados

Foi feito um esquema fatorial 3x2x2, sendo os fatores estudados: regiões da raiz (inserção, meio e ponta) e cultivar (Catarina Amarela e Catarina Branca) e tempo de armazenamento (0 e 5 dias). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aplicado o teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$) utilizando-se o software STATISTICA 7.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os fatores estudados observa-se na tabela 2 que a variável cultivar foi significativa para o escurecimento, avaliado pelo parâmetro L de cor, umidade, atividade de POD e carotenóides totais. A variável região foi significativa para umidade e atividade de POD. O tempo foi significativo para DF, escurecimento, umidade, atividade de POD, fenólicos totais e lignina.

Para os parâmetros celulose, lignina e atividade de POD a interação Cultivar x Tempo (CxT) foi significativa e a interação Região x Tempo (RxT) apenas para POD (Tabela 2).

A interação entre Cultivar x Região (CxR) e Cultivar x Região x Tempo (CxRxT) não foi significativa para os parâmetros estudados.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância com o valor de F calculado para os fatores de variação do planejamento fatorial 3x2x2 para os parâmetros avaliados nas regiões da inserção, meio e ponta de raízes das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca nos tempo 0 e 5 dias de armazenamento. Londrina-PR, 2010.

Fatores de Variação	GL	Fcal							
		√DF+0,5	Escurecimento	Umidade	POD	Fenólicos Totais	Carotenóides Totais	Celulose	Lignina
Cultivar (C)	1	2,37	67,70*	19,62*	5,51*	0,00	576,07*	1,45	2,29
Região (R)	2	1,55	1,91	21,45*	8,81*	1,00	0,26	2,13	0,22
Tempo (T)	1	17,98*	21,46*	34,81*	76,98*	18,20*	0,47	0,90	67,51*
C x R	2	0,42	0,34	1,64	0,04	0,74	0,22	0,11	0,02
C x T	1	2,37	1,76	0,55	5,03*	1,15	0,80	7,85*	28,06*
R x T	2	1,55	0,83	0,64	8,79*	0,70	0,54	0,41	0,25
C x R x T	2	0,42	0,62	1,79	0,04	0,36	0,40	0,04	0,13
Média geral		4,10	88,98	58,86	114,67	46,22	0,21	2,63	0,82
C.V. (%)		94,13	1,44	2,66	78,25	10,80	26,68	14,52	29,38

* Significativo (p<0,05)

C.V. - Coeficiente de Variação

Cada um dos parâmetros apresentado na tabela 2 serão discutidos e feitas as comparações de médias nos tópicos a seguir.

5.1 GRAU DE DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA PÓS-COLHEITA E PARÂMETRO L DE COR

Dentre as cultivares estudadas as raízes tuberosas de mandioca da cultivar Catarina Branca apresentaram menor valor médio do grau de deterioração fisiológica (DF), após 5 dias de armazenamento (4,36%). Raízes da cultivar Catarina Amarela apresentaram um grau de DF cerca de três vezes maior, ou seja, 12,30% de sua área total apresentava-se afetada pelo sintoma do processo de DF, que é o aparecimento de estrias vasculares na periferia do parênquima de reserva (Tabela 3).

Como observado na tabela 2 o tempo foi significativo para DF, sendo a média das duas cultivares após os 5 dias de armazenamento de 8,24%, diferindo do tempo 0 dias, quando as raízes não apresentavam qualquer sintoma de escurecimento no parênquima de reserva (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios do grau de deterioração fisiológica (DF) de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
Deterioração Fisiológica (%)			
0 dias	0 ^{aA}	0 ^{aA}	0 ^b
5 dias	12,30±17,51 ^{aA}	4,36±5,25 ^{aA}	8,24 ^a

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey (p<0,05).

Quando comparadas as regiões dentro de cada cultivar separadamente, a inserção de ambas apresentou o maior grau de DF, 15,80 e 11,10% para Catarina Amarela e Catarina Branca, respectivamente (Tabela 4). Isto pode ser explicado, pois durante a colheita a inserção é a extremidade que inevitavelmente sofre injúria quando a raiz é separada da planta, ocorrendo geralmente nesta região o início do processo de deterioração devido à injúria sofrida.

Segundo Wenham (1995), o processo de DF ocorre por consequência do dano tecidual (injúria), promover uma cascata de respostas, cuja finalidade é a defesa do tecido ferido e sua subsequente selagem pela regeneração de uma barreira protetora (formação periderme). Estando os compostos resultantes desta cascata de resposta diretamente relacionados com o aparecimento das estrias vasculares azuis características da DF (Figura 7).

Tabela 4 – Valores médios do grau de deterioração fisiológica (DF) das 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Deterioração Fisiológica (%)				
Inserção	0 ^{aa}	0 ^{aa}	15,80±22,88 ^{aa}	11,10±13,32 ^{aa}
Meio	0 ^{aa}	0 ^{aa}	9,40±17,78 ^{aa}	1,80±2,04 ^{aa}
Ponta	0 ^{aa}	0 ^{aa}	11,70±14,72 ^{aa}	0,20±0,44 ^{aa}
C.V. (%)	0	0	26,35	134,79

Média de 5 repetições; ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando comparado os valores de todas as regiões analisadas a Inserção da Catarina Amarela apresentou maior grau de DF (15,80%) e a ponta da Catarina Branca apresentou menor grau de DF (0,20%) (Tabela 4).

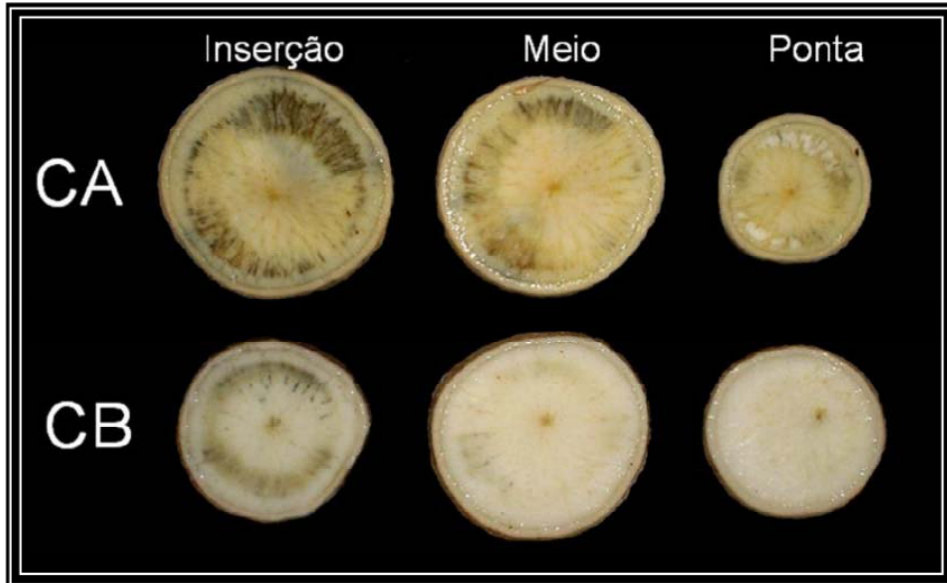


Figura 7 – Corte transversal das diferentes regiões de raízes tuberosas de mandioca após 5 dias de armazenamento sob condições ambientais. CA-Catarina Amarela; CB-Catarina Branca.

Apesar de numericamente as regiões tenham apresentado valores distintos, estatisticamente não foi observada diferença, sendo esta falta de significância entre as regiões possivelmente explicada pela grande variação, pois foi observado neste estudo uma grande variação do grau de DF das raízes dentro da mesma cultivar. Embora algumas apresentassem diferentes graus após 5 dias de armazenamento outras não apresentavam qualquer sintoma de deterioração, notando que esse processo não é uniforme dentro de uma mesma cultivar, nem entre as regiões.

Uma grande variação do processo de DF em raízes de mandioca de uma mesma cultivar também foi observada em estudos de Montaldo (1973) e Sivan (1979), que atribuíram esta variabilidade, ao grau de injúria das raízes. Porém, neste estudo as raízes utilizadas estavam intactas, o que leva a mesma conclusão obtida por Booth (1976), que a perecibilidade independe das diferenças nas severidades dos danos.

Embora métodos subjetivos para avaliar o grau de DF como a escala de percentual de escurecimento referida por Booth (1976), escala de intensidade de escurecimento criada por Paranaíba et al. (1996) ou o percentual da secção transversal da raiz escurecida mencionada por Carvalho et al. (1985) sejam bastante

citadas em diversos estudos que avaliaram o processo de DF em raízes de mandioca, a utilização do colorímetro para estimar o escurecimento característico da DF é uma tendência em trabalhos mais recentes como de Costa Neto et al. (1997); Gregório et al. (1996); Medeiros (2009) e Miranda (2000), pois é um método menos passivo a erros.

Neste contexto, para confirmar os dados do grau de DF foi realizada a análise de cor, tomando o parâmetro L (luminosidade) como medida, sendo a utilização deste, citado em trabalhos que estudaram a DF em mandioca, pois leva em consideração o escurecimento vascular do tecido parenquimatoso, característico do processo de DF. Esse método é considerado mais objetivo que a avaliação do grau de DF, a qual consiste em análises visuais, o que torna o resultado menos exato.

Miranda (2000) ao avaliar a utilização de métodos instrumentais como fator de controle visual da qualidade de raízes de mandioca minimamente processadas, concluiu que o parâmetro L pode ser empregado como um dos parâmetros de controle de qualidade, independente da cor da polpa.

Dentre as cultivares estudadas, foram observadas diferenças do parâmetro L inicialmente (0 dias), sendo esta explicada pela diferença na cor do parênquima de reserva (polpa) das cultivares. A cultivar Catarina Branca apresentou a polpa mais clara, valor L^* médio de 90,88 diferindo da cultivar Catarina Amarela na qual o valor L^* médio foi de 88,60 (Tabela 5).

Após o armazenamento de 5 dias observou-se uma diminuição dos valores médios de L, ou seja, um escurecimento para ambas cultivares, sendo a diminuição mais acentuada e significativa apenas para a cultivar Catarina Amarela, apresentando assim o maior escurecimento, diminuindo o valor L^* , cerca de 1,97. Este resultado concorda com os dados do grau de DF (Tabela 3), o qual apontou a cultivar Catarina Amarela como a com maior grau de DF após o armazenamento, sendo o escurecimento da polpa a característica mais evidente do processo de DF.

Como observado na tabela 2 a cultivar e o tempo foram significativo para o parâmetro L, sendo que a média das duas cultivares diferiram entre si, assim como, as médias do tempo 0 e 5 dias (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios do parâmetro L* de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
	Parâmetro L*		
0 dias	88,60±0,56 ^{ab}	90,88±0,91 ^{aA}	89,74 ^a
5 dias	86,63±2,13 ^{bB}	89,79±0,95 ^{aA}	88,26 ^b
Média	87,62 ^B	90,34 ^A	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando comparada todas as regiões dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre nenhuma das regiões no tempo 0 dias. Porém, para Catarina Amarela após os 5 dias de armazenamento a inserção diferiu do meio, apresentando a maior diminuição do valor do parâmetro L, além de ser a única variação significativa quando comparada as regiões entre os tempo 0 e 5 dias (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores médios do parâmetro L* nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Parâmetro L*				
Inserção	88,33±0,46 ^{aB}	90,98±0,20 ^{aA}	85,54±2,98 ^{bC}	89,53±0,69 ^{aAB}
Meio	88,68±0,61 ^{aBC}	91,22±0,70 ^{aA}	87,63±0,73 ^{aC}	90,01±1,16 ^{aAB}
Ponta	88,80±0,60 ^{aAB}	90,45±1,40 ^{aA}	86,73±1,91 ^{abB}	89,84±1,09 ^{aA}
C.V. (%)	0,63	1,00	2,45	1,06

Média de 5 repetições com 4 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A estimativa do parâmetro L permitiu constatar que houve diferença no comportamento das cultivares em relação ao armazenamento de 5 dias em condições ambientes, indicando que raízes da cultivar Catarina Amarela foram mais sensíveis ao escurecimento provocado pela DF, que as raízes da cultivar Catarina Branca.

Outro estudo já havia citado a resistência ao escurecimento da cultivar Catarina Branca. Miranda (2000) ao avaliar a utilização de métodos instrumentais como fator de controle visual da qualidade de raízes das cultivares IAPAR 19-Pioneira (polpa amarela) e Catarina Branca, pela avaliação do percentual de escurecimento da superfície das raízes, por meio de análise de imagens digitalizadas observou que raízes da cultivar Catarina Branca foram mais resistentes ao escurecimento.

Vale ressaltar, que os dados apresentados neste estudo são provenientes de raízes nas quais a cultura recebeu o trato pré-colheita da poda 30 dias antes da colheita, e sabe-se que a poda da parte aérea da planta de mandioca antes da colheita reduz o nível de DF das raízes, conseqüentemente, aumentando o tempo de armazenamento destas como relatado por Data et al. (1984); Kato et al. (1991) e

Santiago (1985). Isto pode explicar o fato de mesmo após 5 dias de armazenamentos as raízes de ambas cultivares não tenham atingido 50% de DF.

5.2 TEOR DE UMIDADE

Inicialmente (0 dias) houve diferença entre as duas cultivares para o teor de umidade, sendo que Catarina Branca apresentou o maior, com valor médio de 61,10%, e a cultivar Catarina Amarela apresentou 59,01% (Tabela 7).

Após o armazenamento foram observadas alterações significativas no teor de umidade, diminuindo 2,09% para raízes da cultivar Catarina Amarela e 2,6% para cultivar Catarina Branca, quando comparado com o teor inicial. Embora a maior diminuição tenha ocorrido na cultivar Catarina Branca esta ainda apresentou maior teor de umidade após o armazenamento (58,41%) quando comparada a cultivar Catarina Amarela (56,92%) (Tabela 7).

Segundo Marriot et al. (1978), sabe-se que a manutenção da umidade é benéfica, pois a perda de água da raiz de mandioca durante o armazenamento reflete negativamente na resistência das cultivares ao desenvolvimento inicial da descoloração vascular.

Como observado na tabela 2 a cultivar e o tempo foram significativo para o teor de umidade, sendo que a média das duas cultivares diferiram entre si, assim como, as médias do tempo 0 e 5 dias (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores médios de umidade de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
	Umidade (%)		
0 dias	59,01±0,83 ^{aB}	61,10±2,40 ^{aA}	60,06 ^a
5 dias	56,93±1,74 ^{bB}	58,42±1,72 ^{bA}	57,68 ^b
Média	57,97 ^B	59,76 ^A	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Neste estudo quando relacionado os resultados da umidade ao grau de DF e ao parâmetro L, observa-se que a cultivar com maior teor de umidade (Catarina Branca) apresentou o menor grau de DF e escurecimento (parâmetro L), o que já foi relatado por outros autores.

Carvalho et al. (1982a) ao estudarem a influencia da composição química de raízes de mandiocas de 7 cultivares sobre a resistência a deterioração pós colheita observaram que as cultivares com maiores teores de umidade classificaram-se como mais resistentes a DF. Dentre as 7 cultivares estudadas por Carvalho et al. (1982a) as cultivares IAC -12829 e Engana Ladrão apresentaram após armazenamento de 4 dias, teor de umidade semelhante ao encontrado neste estudo 56,65 e 57,25% respectivamente, sendo estas cultivares classificadas como susceptíveis a DF seguindo a classificação de Montaldo (1973).

Em outro estudo Carvalho et al. (1982b) ao avaliarem o efeito das alterações do grau de DF na composição físico-química e química de mandioca de 6 diferentes cultivares armazenadas por 8 dias em temperatura ambiente, observaram novamente que os menores graus de DF corresponderam a raízes com maiores teores de umidade.

Nos estudos de Carvalho et al. (1982b) a cultivar Iracema, classificada como suscetível, apresentou teor inicial de umidade de 61,99%, e após 4 dias de armazenamento, o teor de umidade diminuiu para 56,43%. O teor de umidade inicial é semelhante ao teor inicial da Catarina Branca utilizada neste trabalho, porém o teor final é semelhante ao da Catarina Amarela, ou seja, a cultivar Catarina Branca em comparação a Iracema apresentou maior capacidade de manter o teor de umidade. O teor de umidade final da Catarina Branca foi semelhante ao da Branca de Santa Catarina, cultivar classificada de resistente nos estudos de Carvalho et al. (1982a) que apresentou teor de umidade de 58,91% após 4 dias de armazenamento.

Outros autores também citam o efeito benéfico da preservação da umidade no controle da DF como Lozano et al. (1977) e Sivan (1979).

Quando analisados os resultados das regiões dentro de cada cultivar inicialmente (0 dias), o teor de umidade da inserção diferiu significativamente da ponta em apenas na cultivar Catarina Branca (Tabela 8). Outro estudo que relata diferença no teor de umidade dentro da mesma raiz é o de Uritani et al. (1983) que ao estudarem a relação entre as alterações no metabolismo secundário e a ocorrência de DF em raízes de mandioca. Dividindo as raízes em 3 partes: parte A - tecido parenquimático ultraperiférico (córtex), parte B – periferia do tecido parenquimático (entre as partes A e C), e a parte C - interior do tecido, descreveram que o teor de umidade na periferia do tecido parenquimático (parte B) foi menor do que o teor do córtex (parte A) e do interior do tecido (parte C).

Quando analisados o teor de umidade das regiões dentro de cada cultivar após o armazenamento, a região que apresentou o menor teor de umidade foi a inserção de ambas cultivares, diferindo da região da ponta, que foi a região com maior teor de umidade (Tabela 8). Isto possivelmente pode ser explicado pelo fato da ponta estar coberta com o PVC, o que impedia a maior perda de umidade para o ambiente.

Tabela 8 – Valores médios de umidade nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Teor de Umidade (%)				
Inserção	58,07±0,87 ^{aA}	58,60±1,44 ^{bA}	55,32±1,31 ^{bB}	56,74±1,36 ^{bAB}
Meio	59,66±0,82 ^{aAB}	61,30±2,24 ^{aA}	56,68±1,32 ^{abC}	58,33±1,11 ^{abBC}
Ponta	59,30±1,31 ^{aB}	63,39±1,30 ^{aA}	58,79±1,75 ^{aB}	60,18±2,77 ^{aB}
C.V. (%)	1,40	3,93	3,07	2,95

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Embora cultivares com maiores teores de umidade sejam mais resistentes a DF, sabe-se que tendem a ser mais susceptíveis à deterioração secundária causada por microrganismos (CARVALHO, *et al.*, 1982a). Porém, vale ressaltar que a deterioração secundária é relativamente menos importante, uma vez que seus sintomas só costumam ocorrer após as raízes já terem se tornadas inaceitáveis para consumo humano devido à DF (PLUMBLEY; RICKARD, 1991).

Uma questão a ser ressaltada nos dados acima apresentados é que raízes de plantas podadas apresentam teor inicial de umidade maior que o das plantas não podadas, sendo isto relacionado com uma maior absorção de água do solo e com a interrupção da transpiração pela parte aérea (SANTIAGO, 1985).

5.3 ATIVIDADE DA POLIFENOL OXIDASE (PPO), PEROXIDASE (POD), TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E DETECÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H₂O₂) “*IN SITU*”

Não foi detectada atividade da polifenol oxidase (PPO) dentro das condições experimentais utilizadas. Observou-se um aumento na atividade da peroxidase (POD) após o armazenamento para ambas cultivares, e com relação ao teor de compostos fenólicos totais, não houve diferença entre as cultivares.

Embora alguns autores como Kato et al. (1991), Padmaja et al. (1982) e Uritani et al. (1983) citem a correlação da atividade da PPO com escurecimento do tecido durante o desenvolvimento da DF em raízes de mandioca, esta opinião não é unânime e os resultados controversos.

Carvalho et al. (1985) ao estudarem a relação entre compostos fenólicos, atividade da POD, PPO e DF em raízes de mandioca também não detectaram a atividade da PPO na cultivar IAC-1418.

Wang et al. (1983) ao estudarem a influencia da PPO na deterioração fisiológica de 6 cultivares de mandioca, embora tenha encontrado diferentes atividades, concluíram não haver correlação, observando que uma cultivar pode apresentar alta atividade enzimática e pouco escurecimento e vice-versa.

Vale ressaltar que uma vez que diversos substratos podem ser utilizados pela PPO, o catecol possivelmente não tenha sido o mais adequado na detecção da atividade para estas cultivares. Entre outros substratos utilizados para detectar a atividade da PPO são mencionados o p-cresol ou a tirosina.

Medeiros (2009) em seu estudo, primeiramente realizou um teste para determinar qual substrato seria o ideal para detectar a atividade da PPO em raízes de mandioca da cultivar Cacauzinha, testando ácido clorogênico, catequina e catecol, como substratos. E por fim, utilizaram o catecol no experimento. Além deste outros estudos também citam a utilização do catecol como substrato para detecção da atividade da PPO em raízes de mandioca.

O princípio para detecção da atividade da PPO utilizando o catecol como substrato se dá devido à ação oxidativa da enzima sobre este, produzindo a o-quinona, composto amarelado que são detectados espectrofotometricamente em comprimento de onda na faixa de 425nm (ZERAİK *et al.*, 2008).

Para a detecção da atividade da POD foi acompanhada espectrofotometricamente a concentração de tetraguaiacol formado na reação enzimática de oxidação do guaiacol com o peróxido de hidrogênio na presença da POD formando o tetraguaiacol, composto de coloração alaranjada (ZERAİK, et al., 2008).

Com relação à atividade da POD, não foi observado inicialmente (0 dias) diferença entre as cultivares, sendo detectado um aumento significativo após o armazenamento em ambas as cultivares, assim como, diferença entre as cultivares, apresentando a cultivar Catarina Amarela 268,99 Unidades enzimática/mL.min, e Catarina Branca 162,84 Unidades enzimática/mL.min (Tabela 9).

Como observado na tabela 2 a cultivar e o tempo foram significativo para a atividade da POD, sendo que a média das duas cultivares diferiram entre si, assim como, as médias do tempo 0 e 5 dias (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios da atividade da Peroxidase (POD) nas 3 regiões em raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
	Atv. POD (Unidades enzimáticas/mL.min)		
0 dias	14,20±0,09 ^{ba}	11,82±0,31 ^{ba}	13,01 ^b
5 dias	268,99±125,78 ^{aA}	162,84±112,12 ^{aB}	215,92 ^a
Média	141,59 ^A	87,33 ^B	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Dentre as cultivares estudadas, Catarina Amarela foi a que apresentou maior atividade de POD, assim como, maior grau de DF e escurecimento, mostrando haver uma relação entre a atividade da POD e o grau de

DF, ou seja, a atividade enzimática apresentou o mesmo comportamento da DF, assim como relatado por diversos autores

Medeiros (2009) estudando o processo de deterioração pós-colheita de mandioca minimamente processada e ao analisar a relação da DF com a atividade das enzimas fenilalanina amônia liase, PPO e POD, durante o período de conservação, observou que apenas a POD apresentou relação com a DF, ou seja, a atividade apresentou o mesmo comportamento da incidência de DF.

Campos e Carvalho (1990) ao estudarem o processo de DF pós-colheita de 3 cultivares de mandioca de mesa, verificaram que a cultivar IAC 12829 (suscetível) após 7 dias de armazenamento apresentou maior atividade da POD, 325 unidades enzimáticas/min. e ao final do experimento as raízes estavam totalmente escurecidas (DF). Neste mesmo estudo observaram que a cultivar Guaxupé apresentou menor atividade da POD (90,72 unidades enzimáticas/min.) e o menor grau de escurecimento (DF) no final do experimento.

Beeching (2001) testando as alterações na atividade das enzimas PPO, POD e peroxidase escopoletina, em 3 diferentes cultivares de mandioca (CM 2177-2 - suscetível; 2 MNGA - média e MBRA 12 - resistente), durante 7 dias de armazenamento, observaram que todas as enzimas testadas apresentaram diferenças na atividade entre as cultivares, sendo que a cultivar resistente apresentou a menor, e a suscetível a maior atividade para as 3 enzimas após o armazenamento, o que indicou uma correlação entre a atividade enzimática e a resistência da cultivar a DF.

Carvalho et al. (1985) ao estudarem a relação entre compostos fenólicos, atividade da POD, PPO e DF em raízes de mandioca da cultivar IAC-1418, também detectaram aumento na atividade da POD durante 8 dias de armazenamento, sendo mais acentuado na região da ponta e inserção, apresentando 110,13 e 105,38 unidades enzimática/mL respectivamente.

Neste estudo após os 5 dias de armazenamento, a inserção de ambas cultivares também apresentou maior atividade e diferiu das demais regiões (ponta e meio) (Tabela 10). A inserção da cultivar Catarina Amarela apresentou atividade de 410,12 unidades enzimáticas/mL.min, com o maior grau de DF (15,80%) e a inserção da Catarina Branca, 290,67 unidades enzimáticas/mL.min, com o grau de DF de 11,10%. Estes resultados também evidenciam a relação entre a atividade da POD e a DF.

Plumbley et al. (1981) observaram aumentos acentuados na atividade da POD durante a DF e acreditam que a atividade está associada a injúrias, senescência, etc. Estas injúrias provocam ativação das PODs e consequente escurecimento dos tecidos. Isso explica a maior atividade enzimática apresentada na inserção das raízes estudadas, pois durante a colheita a inserção é inevitavelmente injuriada quando a raiz é separada da planta.

Tabela 10 – Valores médios da atividade da Peroxidase (POD) nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Atividade Peroxidase (Unidades enzimáticas/mL.min)				
Inserção	14,22±1,75 ^{aB}	11,87±1,47 ^{aB}	410,12±176,5 ^{aA}	290,67±96,8 ^{aA}
Meio	14,29±1,74 ^{aB}	12,12±0,93 ^{aB}	228,19±177,9 ^{bA}	116,75±81,5 ^{bAB}
Ponta	14,11±2,73 ^{aB}	11,48±2,22 ^{aB}	168,68±97,1 ^{bA}	81,12±89,1 ^{bAB}
C.V. (%)	0,64	2,70	46,76	68,85

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey (p<0,05).

A POD é uma enzima complexa, com uma cadeia de isoenzimas e com diferentes atividades para vários substratos. Os papéis fisiológicos das PODs incluem formação e degradação da lignina, oxidação do regulador vegetal ácido indol acético, fornecimento de defesa contra pestes, patógenos e remoção de H₂O₂ celular (DAMODARAN, *et al.*, 2010).

Quanto aos teores médios de compostos fenólicos totais não houve diferença entre as cultivares inicialmente (0 dias), assim como, após o armazenamento. Porém quando comparado o teor de compostos fenólicos totais após o armazenamento com o inicial (0 dias), observou-se uma tendência de um

leve decréscimo, sendo este significativo para a cultivar Catarina Branca (Tabela 11).

Como observado na tabela 2 o tempo foi significativo para o teor de compostos fenólicos totais, sendo que o teor médio das duas cultivares após os 5 dias de armazenamento (43,47 mg eq. de ácido gálico/100g) deferiu do teor encontrado inicialmente (48,97 mg eq. de ácido gálico/100g) (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios do teor de compostos fenólicos totais de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
	Fenólicos (mg eq. de ácido gálico/100g)		
0 dias	48,27±0,89 ^{aA}	49,66±1,03 ^{aA}	48,97 ^a
5 dias	44,15±3,37 ^{aA}	42,78±0,85 ^{bA}	43,47 ^b
Média	46,21 ^A	46,22 ^A	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando comparada todas as regiões dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre nenhuma das regiões no tempo 0 dias, assim como, após os 5 dias de armazenamento (Tabela 12).

Tabela 12 – Valores médios do teor de compostos fenólicos totais nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Compostos Fenólicos (mg de eq. de ácido gálico/100g)				
Inserção	48,33±3,12 ^{aA}	49,04±2,99 ^{aA}	47,91±4,82 ^{aA}	42,78±5,11 ^{aA}
Meio	49,14±2,80 ^{aA}	50,86±3,02 ^{aA}	43,17±5,83 ^{aA}	43,65±6,80 ^{aA}
Ponta	47,36±4,96 ^{aA}	49,10±4,16 ^{aA}	41,38±6,93 ^{aA}	41,93±6,59 ^{aA}
C.V. (%)	1,84	2,07	7,64	2,00

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Carvalho et al. (1985) ao estudarem o processo de DF em raízes de mandioca da cultivar IAC-1418, não encontraram grandes variações no teor de fenólicos totais, sendo detectados no 0 dia de armazenamento na ponta, meio e inserção valores de 48,00; 50,67 e 68,00 mg/100g e depois de 4 dias de armazenamentos 46,67; 58,01; 58,00 mg/100g respectivamente.

Buschman et al. (2000a) ao estudarem o processo de deterioração pós-colheita de raízes de mandioca também não encontraram alterações no conteúdo dos fenólicos totais durante 5 dias de armazenamento para 3 cultivares dentre as 4 estudadas.

Carvalho et al. (1982a) não encontraram correlação significativa entre o teor de compostos fenólicos e a DF. Em outro estudo Carvalho et al. (1982b) concluíram que não houve uma relação entre a diminuição dos fenólicos totais e a resistência ou suscetibilidade das cultivares à DF.

Entretanto, estes dados são controversos, pois alguns autores como Cereda e Vilpoux (2003), acreditam que o escurecimento característico da DF se dá por evaporação da água e oxidação de fenólicos.

Plumbley e Rickard (1991) também citam um aumento no teor de compostos fenólicos, sendo os principais compostos que tiveram seu conteúdo

aumentado durante a deterioração fisiológica a escopoletina, escopolina, esculetina, (+)catequina e galocatequina.

Padmaja et al. (1982) observaram que o escurecimento dos tecidos durante a deterioração fisiológica estava relacionado a mudanças oxidativas das substâncias fenólicas e a enzimas envolvidas na oxidação destes compostos.

Wheatley e Schwabe (1985) sugeriram uma possível correlação de DF, com um aumento de compostos fenólicos (escopoletina) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo o H_2O_2 uma espécie reativa de oxigênio (ROS) que pode ser sintetizada ativamente pela planta em resposta a stress ou como uma defesa contra ataque de patógenos. Nessas reações o H_2O_2 está envolvido em processo de lignificação; ligação de compostos fenólicos e proteínas com pectinas e hemicelulose e/ou como um produto químico mediador.

Outros autores como Rickard e Coursey (1981) e Plumbley e Rickard, (1991) também sugerem o envolvimento da participação de ROS no processo de DF em raízes de mandioca, com base na observação de que o oxigênio quando excluído retarda a DF, além do aumento das atividades de enzimas específicas, tais como POD, que usam H_2O_2 como substrato (PADMAJA; BALAGOPAL, 1985; CAMPOS; CARVALHO, 1990).

Entretanto, sabe-se que à alta reatividade da H_2O_2 com biomoléculas, pode danificar a célula da planta, sendo esta toxica. Para desintoxicação destas espécies de oxigênio do tecido da planta, várias estratégias que envolvem processos enzimáticos (por exemplo POD) ou moléculas de baixo peso molecular (por exemplo ácido ascórbico, carotenóides e flavonóides) que agem como mecanismo de defesa celular (BUSCHMAN, *et al.*, 2000a).

Buschmann et al. (2000a) ao estudarem a presença de H_2O_2 durante a estocagem de 4 cultivares de mandioca (MCOL 22 – altamente suscetível; MNGA 2 – intermediária; MDOM 5 e CMC 2177-2 – baixa suscetibilidade), mostraram pela primeira vez que há um rápido aumento de H_2O_2 em raízes de mandioca durante as primeiras 24 horas de armazenamento. Concluindo que o acúmulo de H_2O_2 não mostrou diferenças significativas entre as cultivares, o que revela que existem outros fatores envolvidos no processo que determinam a susceptibilidade da cultivar para DF.

Beeching (2001) utilizando DAB para detectar a presença de H_2O_2 durante o armazenamento pós-colheita de raízes de mandioca, também observou

que todos os tubérculos de mandioca acumulam H_2O_2 no parênquima durante a DF. Sendo acumulado logo após a colheita em todas as cultivares e em todo o tubérculo e após 4-5 dias, o conteúdo de H_2O_2 começou a diminuir, sugerindo que este declínio de H_2O_2 esteja correlacionado com o declínio da escopoletina. Acreditando que catalisadas pela POD, escopoletina e H_2O_2 formam um precipitado azul-preto, sendo a descoloração azul-preto do tecido vascular de raízes de mandioca o principal sintoma da DF.

Neste estudo foi observado que ambas cultivares acumularam H_2O_2 no decorrer do armazenamento. Entretanto, após 5 dias de armazenamento, a cultivar Catarina Amarela apresentou maior acúmulo quando comparada a cultivar Catarina Branca.

Nas diferentes regiões das raízes foi observada uma tendência do H_2O_2 acumular-se na periferia da superfície, sendo notada essa tendência a partir do 3 dia de armazenamento (Figura 8 e 9).

Para cultivar Catarina Branca após 5 dias de armazenamento, foi detectado um acúmulo de H_2O_2 principalmente na região do córtex, que fica logo abaixo da casca e embora possua células ricas em amido é descartado quando a mandioca é descascada (Figura 9).

Relatos do acúmulo de H_2O_2 na região do córtex como descrito acima para a cultivar Catarina Branca, também já foi relatado por Reilly et al. (2003) em raízes de mandioca da cultivar MCOL 22, na qual o H_2O_2 foi inicialmente localizado principalmente no parênquima cortical e parênquima de armazenamento.

Buschmann et al. (2000a) observaram que o principal sítio de acumulação e localização do H_2O_2 em nível tecidual no início (após 24 horas), é o parênquima de armazenamento interno, sendo a distribuição de H_2O_2 diferente nas raízes. Alguns acumulam sobre todo o tecido parenquimático (MDOM 5 e CMC 2177-2), enquanto que outras cultivares (MCOL 22 e MNGA 2) acumulam primeiro no parênquima de armazenagem e depois de algum tempo, no parênquima cortical.

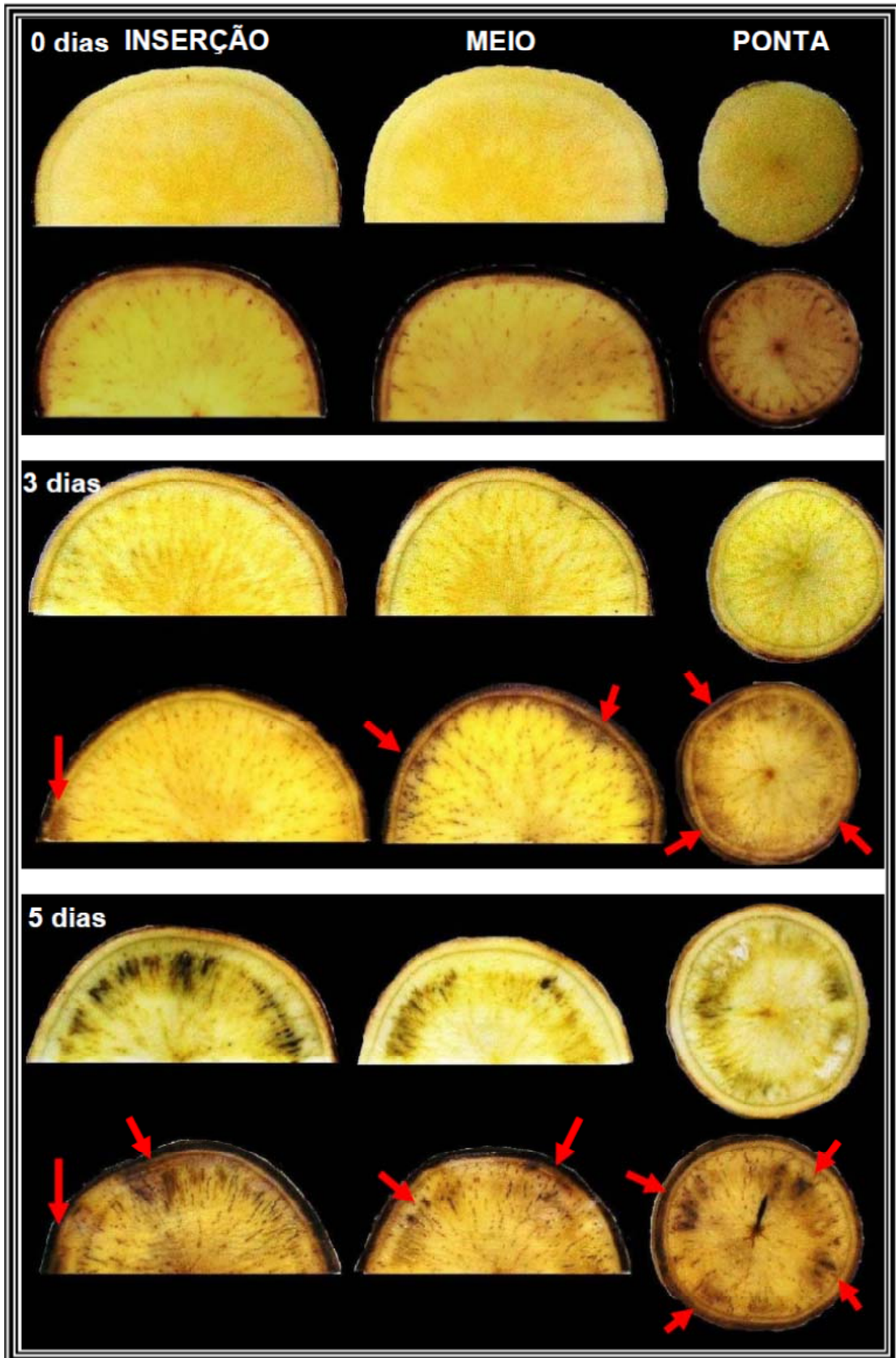


Figura 8 – Detecção de H₂O₂ em fatias de raízes de mandioca da cultivar Catarina Amarela por meio de infiltração a vácuo com DAB. Cada coluna representa uma região e cada bloco um tempo de armazenamento, antes (acima) e depois (abaixo) da infiltração.

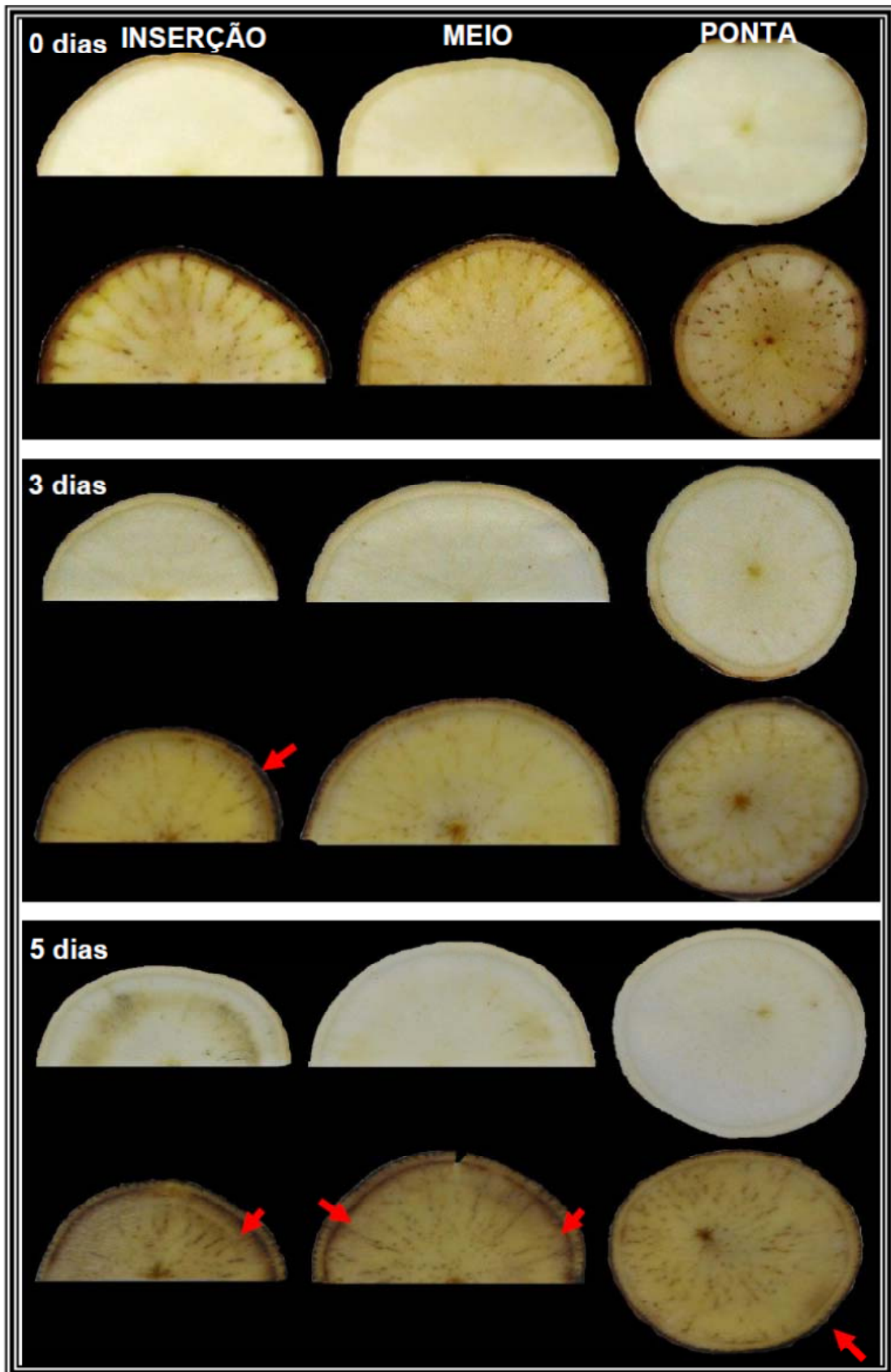


Figura 9 – Detecção de H₂O₂ em fatias de raízes de mandioca da cultivar Catarina Branca por meio de infiltração a vácuo com DAB. Cada coluna representa uma região e cada bloco um tempo de armazenamento, antes (acima) e depois (abaixo) da infiltração.

Sabe-se da relação de H_2O_2 como substrato para atividade enzimática da POD. Neste estudo quando relacionados os dados da presença de H_2O_2 nas raízes tuberosas e a atividade da POD, a cultivar Catarina Amarela, apresentou maior acúmulo de H_2O_2 e maior atividade de POD, sendo também a cultivar com o maior grau de DF.

5.4 TEOR DE CAROTENÓIDES TOTAIS

Ortega-Flores (1991) relata que o primeiro trabalho em que se determinou a presença de carotenos em mandioca foi o de Maravalhas, realizado em 1964. Este verificou a presença de carotenóides em variedades amazônicas de mandioca. Hoje, sabe-se que cultivares de mandioca contém quantidades variadas de carotenóides, que podem ser observadas no intervalo de pigmentação da polpa, variando do branco ao muito amarelo.

Chávez et al. (2005), ao avaliarem características de qualidade da raiz de mandioca, observaram que os teores de carotenóides variaram de 0,102 a 1,040 mg/100g de tecido fresco, entre os mais de 2 mil genótipos avaliados. Concluindo que os teores de carotenóides estavam correlacionados com a cor das raízes.

Carotenóides, bem como sendo micronutrientes importantes para a saúde humana são também potentes antioxidantes e como tal, seria possível desempenhar um papel na resposta a DF (BEECHING, 2001).

Neste estudo a cultivar Catarina Amarela apresentou inicialmente (0 dias) cerca de 10 vezes mais carotenóides (0,389 mg/100g) que a cultivar Catarina Branca (0,0344 mg/100g), e após o armazenamento de 5 dias não foram observadas alterações significativas, com relação ao teor inicial (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores médios do conteúdo de carotenóides totais de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares	
	Catarina Amarela	Catarina Branca
	Carotenóides Totais (mg/100 g)	
0 dias	0,389±0,00 ^{aA}	0,034±0,00 ^{aB}
5 dias	0,367±0,02 ^{aA}	0,037±0,00 ^{aB}
Média	0,378 ^A	0,036 ^B

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Essa diferença no teor de carotenóides entre as cultivares é responsável pela diferença da cor da polpa, que é característica de cada cultivar, pois como citado no estudo de Beeching (2001) e Chávez et al. (2005) existe uma correlação entre o conteúdo de carotenóides e a cor da polpa, assim cultivares com maior teor de carotenóides tendem a possuir a polpa com tons mais amarelados.

Sendo essa correlação também citada no estudo de Chávez et al. (2000) que relaciona a cor da polpa com o conteúdo de carotenóides. Expondo que raízes com polpa branca apresenta um teor médio de 0,09, polpa creme 0,28 e polpa amarela 0,38 mg/100g de tecido fresco. O conteúdo citado para raízes com polpa de tons amarelos é semelhante ao encontrado neste estudo para cultivar Catarina Amarela.

Iglesias et al. (1995) acreditam que cultivares de mandioca com alto teor de carotenóides em suas raízes são menos suscetíveis ao processo de DF do que aqueles com um baixo teor. Entretanto alguns autores como Beeching (2001) e Reilly et al. (2003) sugerem que há um limiar para que este antioxidante desempenhe um papel na modulação da resposta a DF, sendo este limiar uma concentração superior a 5 mg/kg de massa fresco.

Neste estudo não houve relação entre o conteúdo de carotenóides totais e a DF, pois a cultivar que apresentou maior teor de carotenóides totais apresentou também elevado grau de DF. Porém, vale ressaltar que nenhuma das duas cultivares analisadas apresentaram teores de carotenóides acima de 5 mg/kg de massa fresca, que foi identificado como um valor limite para uma associação entre o teor de carotenóides e a redução da DF.

Quando comparada todas as regiões dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre nenhuma das regiões no tempo 0 dias, assim como, após os 5 dias de armazenamento (Tabela 14).

Tabela 14 – Valores médios do conteúdo de carotenóides totais nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Carotenóides Totais (mg/100 g)				
Inserção	0,396±0,05 ^{aA}	0,035±0,01 ^{aB}	0,340±0,10 ^{aA}	0,035±0,01 ^{aB}
Meio	0,385±0,07 ^{aA}	0,033±0,00 ^{aB}	0,397±0,09 ^{aA}	0,039±0,01 ^{aB}
Ponta	0,387±0,04 ^{aA}	0,034±0,01 ^{aB}	0,363±0,07 ^{aA}	0,037±0,01 ^{aB}
C.V. (%)	1,42	2,51	7,82	4,84

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Buschmann et al. (2000a) os consumidores em muitas partes dos trópicos preferem raízes de cultivares “brancas” e não aceitam cultivares “amarelas”, o que neste caso, levando em consideração as cultivares aqui estudadas é uma vantagem com relação a DF, pois a cultivar com a polpa de cor branca (Catarina Branca) apresentou menor índice de deterioração. Entretanto, pelo lado nutricional do consumo de carotenóides (Pró-vitamina A) há certa desvantagem.

5.5 TEOR DE CELULOSE E LIGNINA

Inicialmente (0 dias) os teores de celulose foram de 2,87 e 2,47% do peso seco, para Catarina Amarela e Catarina Branca respectivamente, havendo diferença entre as cultivares estudadas (Tabela 15).

Após o armazenamento de 5 dias, não houve diferença para as cultivares, nem com relação ao teor de celulose inicial (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores médios do conteúdo de celulose de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
Celulose (%)			
0 dias	2,87±0,09 ^{aA}	2,47±0,07 ^{aB}	2,67 ^a
5 dias	2,50±0,21 ^{aA}	2,66±0,13 ^{aA}	2,58 ^a
Média	2,69 ^A	2,57 ^A	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Muitos são os estudos que objetivaram determinar as modificações nos constituintes químicos das raízes de mandioca durante o armazenamento visando correlacionar as alterações nestes componentes com a qualidade das raízes, porém são raros os trabalhos que verificaram as alterações no teor de lignina e celulose durante o armazenamento de raízes de mandioca.

Sabe-se que os constituintes da membrana celular, ressaltando entre eles a celulose, hemicelulose, lignina e substâncias pécticas, se acham relacionadas a alterações na textura dos vegetais, assim alterações nestes

constituintes durante o armazenamento pode comprometer a qualidade da textura (CARVALHO *et al.*, 1988).

Grizotto e Menezes (2003) determinaram o conteúdo de celulose das cultivares IAC Mantiqueira e IAC 576.70 em torno de 2,10 e 2,04% do peso seco respectivamente, semelhante ao encontrado para as cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca.

Carvalho *et al.* (1988) ao estudarem as alterações de alguns componentes estruturais das raízes durante o armazenamento pós-colheita de 3 cultivares de mandioca observaram teores médios de celulose de 2,36; 1,77 e 1,69% para as cultivares Guaxupé, Sonora e IAC 12829. Durante o armazenamento observaram uma tendência de decréscimo para as cultivares Guaxupé e IAC 12829 até o fim do período de 7 dias de armazenamento, entretanto, não apresentaram diferença significativa quando comparado aos valores iniciais.

Quando comparada todas as regiões dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre nenhuma das regiões no tempo 0 dias, assim como, após os 5 dias de armazenamento (Tabela 16).

Tabela 16 – Valores médios do conteúdo de celulose nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
	Celulose (%)			
Inserção	2,96±0,47 ^{aA}	2,55±0,26 ^{aA}	2,74±0,21 ^{aA}	2,81±0,63 ^{aA}
Meio	2,89±0,48 ^{aA}	2,47±0,25 ^{aA}	2,41±0,27 ^{aA}	2,56±0,38 ^{aA}
Ponta	2,76±0,32 ^{aA}	2,40±0,12 ^{aA}	2,35±0,35 ^{aA}	2,60±0,48 ^{aA}
C.V. (%)	3,48	3,05	8,42	5,04

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com relação ao teor de lignina, inicialmente (0 dias) houve diferença entre as cultivares, sendo encontrados teores de 0,683 e 0,447% do peso seco, para Catarina Amarela e Catarina Branca respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17 – Valores médios do conteúdo de lignina de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Tempo de Armazenamento	Cultivares		Média
	Catarina Amarela	Catarina Branca	
Lignina (%)			
0 dias	0,683±0,01 ^{aA}	0,447±0,01 ^{bB}	0,57 ^b
5 dias	0,865±0,04 ^{aB}	1,29±0,07 ^{aA}	1,07 ^a
Média	0,774 ^A	0,868 ^A	

Média de 5 repetições; ± desvio padrão.

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os teores de lignina inicial diferem dos valores descrito por Grizotto e Menezes (2003) que determinaram em torno de 0,762 e 1,13% do peso seco para as IAC Mantiqueira e IAC 576.70. Entretanto é semelhante ao relatado por Kajiwara e Maeda (1983) ao estudar a composição monossacarídica do material da parede celular de mandioca encontraram um teor de lignina de 0,5%, próximo ao encontrado inicialmente para média das raízes no tempo 0 dias (Tabela 17).

Após o armazenamento de 5 dias, observou-se uma tendência de acréscimo no teor de lignina para ambas cultivares estudadas, sendo este significativo para a cultivar Catarina Branca que apresentou maior teor, com 1,29% de peso seco (Tabela 17).

Carvalho et al. (1988) observaram que os teores de lignina apresentaram uma tendência de decréscimo para as cultivares Sonora e IAC 12829 e de acréscimo para a cultivar Guaxupé, após 4 dias de armazenamento, sendo

observado posteriormente uma inversão da tendência no teor de lignina. Após 7 dias de armazenamento apenas a cultivar IAC 12829 apresentou alteração significativa no teor de lignina aumentando de 0,117% para 0,156%.

Quando comparada todas as regiões dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre nenhuma das regiões no tempo 0 dias, assim como, após os 5 dias de armazenamento (Tabela 18).

Tabela 18 – Valores médios do conteúdo de lignina nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (0 dias) e 5 dias de armazenamento.

Região da Raiz	Tempo de armazenamento			
	0		5	
	Catarina Amarela	Catarina Branca	Catarina Amarela	Catarina Branca
Lignina (%)				
Inserção	0,669±0,15 ^{aA}	0,459±0,17 ^{aA}	0,884±0,37 ^{aA}	1,25±0,10 ^{aA}
Meio	0,691±0,18 ^{aA}	0,437±0,14 ^{aA}	0,899±0,37 ^{aA}	1,37±0,31 ^{aA}
Ponta	0,690±0,17 ^{aA}	0,447±0,15 ^{aA}	0,813±0,36 ^{aA}	1,25±0,11 ^{aA}
C.V. (%)	1,79	2,45	5,32	5,43

Média de 5 repetições com 3 determinações ± desvio padrão; C.V. - Coeficiente de Variação
Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e da mesma letra maiúscula na horizontal, não diferem significativamente entre si segundo teste de Tukey (p<0,05).

Segundo, Grizotto e Menezes a mandioca pode ser considerada excelente fonte de fibras dietéticas: celulose e lignina. Destas, a celulose é o componente principal, correspondendo a aproximadamente 90 a 98 % do total e a lignina o componente de menor concentração.

Alguns estudos relacionam o conteúdo de lignina a outros compostos referentes ao processo de DF. Margot et al. (1978) citado por Campos e Carvalho (1990) associam o atividade de POD e a presença de H₂O₂ com o processo de lignificação, como resposta da injúria sofrida nos tecidos vegetais. Já

Richard (1982) identificou em teste histoquímico haver depósito de material semelhante à lignina nas regiões escurecidas das raízes, ou seja, áreas com DF.

Entretanto neste estudo não houve relação positiva, entre o teor de celulose e lignina com a DF, uma vez que a cultivar que apresentou o maior teor de lignina após o armazenamento foi a que apresentou menor grau de DF. Concordando, com os dados de Campos (1987) que ao estudar as modificações pós-colheita no grau de DF e composição química das raízes de 3 cultivares de mandioca, observaram que a relação entre o teor médio de fibra e a DF não foi significativa.

5.6 OBSERVAÇÕES HISTOLÓGICAS DAS RAÍZES DE MANDIOCA

Como observado nas figuras 10 e 11 não foram detectadas diferenças entre a estrutura microscópica das raízes tuberosas das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca no período após a colheita (0 dias), sendo observadas estruturas comuns presentes às raízes como os xilemas secundário, células do parênquima de reserva, grãos de amido com a cruz de malta característica do grânulo de amido de mandioca, além do câmbio vascular (xilema primário) (Figura 10 A-B; Figura 11 A-B).

Após o período de armazenamento (5 dias) foi observado em ambas cultivares a formação de um precipitado escurecido de coloração marron-esverdeado entre as células do parênquima de reserva (apoplasto), correspondendo o aparecimento destes precipitados às regiões que apresentavam escurecimento característico do processo de DF observadas visualmente no preparo das lâminas. Esse precipitado foi observado em maior quantidade nas raízes da cultivar Catarina Amarela, a que apresentou maior grau de DF, levando a acreditar na relação entre o aparecimento deste precipitado e a DF (Figura 10 C-E; Figura 11 C-E).

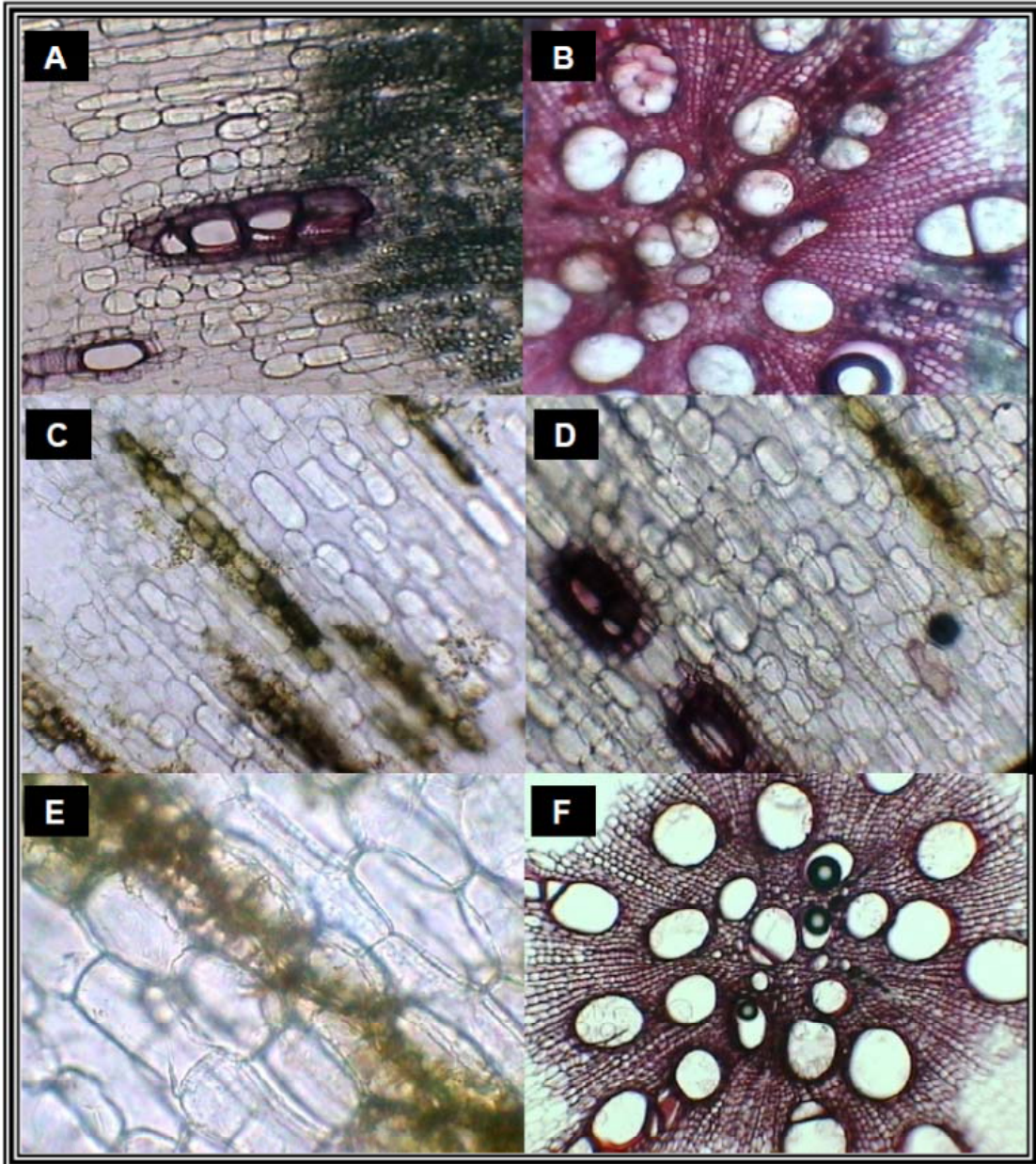


Figura 10 – Secção transversal da inserção de raízes tuberosas da cultivar Catarina Amarela. A: xilema secundário no parênquima de reserva com grânulos de amido (x100); B: câmbio vascular após a colheita (xilema primário)(x100); C-D: Precipitado observado no parênquima de reserva das raízes de mandioca após 5 dias de armazenamento(x100); E: Precipitado observado no parênquima de reserva (x400); F: câmbio vascular após 5 dias de armazenamento (xilema primário) (x100).

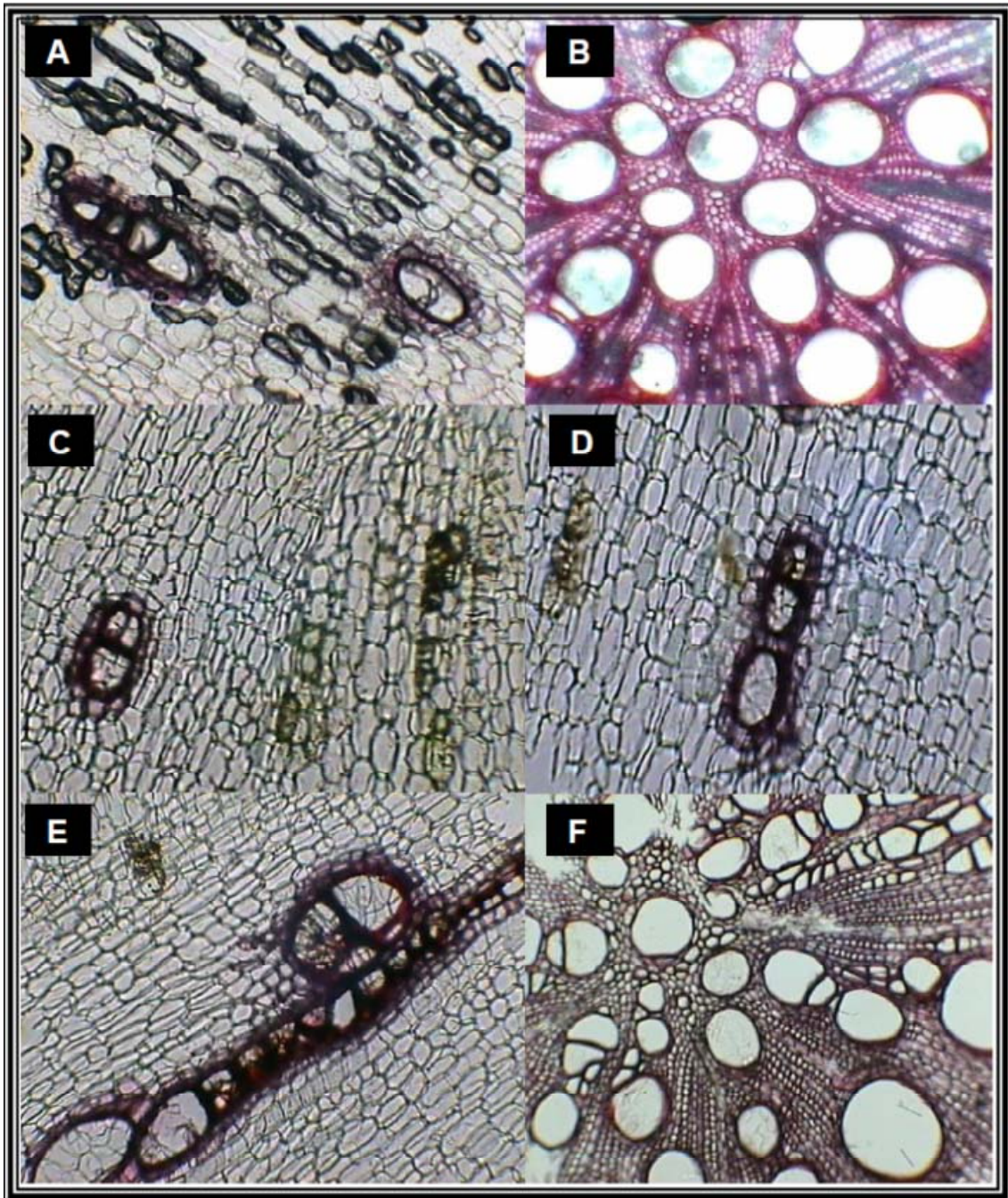


Figura 11 – Secção transversal da inserção de raízes tuberosas da cultivar Catarina Branca. A: xilema secundário no parênquima de reserva com grânulos de amido (x100); B: câmbio vascular após a colheita (xilema primário)(x100); C-E: Precipitado observado no parênquima de reserva das raízes de mandioca após 5 dias de armazenamento(x100); F: câmbio vascular após 5 dias de armazenamento (xilema primário)(x100).

A presença de pigmentos já foram descritos em estudos microscópios do parênquima de reserva de raízes de mandioca em processo de DF, como no estudo de Buschmann et al. (2000b) que observaram em um estágio inicial

de DF precipitados de coloração acastanhada nos vasos do xilema, e que depois de algum tempo, esses se propagavam para o parênquima de reserva, chegando o autor a concluir que estes eram derivados de Hidroxicumarinas que se acumulavam nas paredes das células dos vasos do xilema, e posteriormente se acumulam especialmente nas células parenquimáticas.

Drummond (1953) *apud* Plumbley e Rickard (1991) ao estudar a descoloração vascular sob aspectos citológicos e citoquímicos descreveu o escurecimento das membranas celulares e a formação de oclusões escuras nos vasos xilemáticos, que se espalham para o tecido parenquimal vizinho, e ao acompanhar o desenvolvimento das oclusões do xilema, observou a formação de material pigmentado, constituído de lipídeos, carboidratos e material semelhante à lignina.

Beeching et al. (1998) também observaram o aparecimento deste precipitado e associam a presença destes a atividades da POD e catalase, localizados na raiz da mandioca durante a DF. Acreditando que dentro do parênquima da raiz localizam-se todos os componentes necessários da reação, como: escopoletina, H_2O_2 , e as PODs que inicialmente estão localizadas na células vizinhança dos vasos do xilema, onde os sintomas da estrias vascular ocorrem primeiramente e movimentam-se dentro destes vasos através de áreas de poço.

Não foram observadas alterações após o armazenamento de 5 dias no xilema primário (Figura 10 F e 11 F) de ambas cultivares, quando comparada as estruturas dessa região após a colheita (0dias), isso leva a concluir que o processo ocorre mesmo na região do parênquima de reserva e principalmente na região periférica, como também é observado macroscopicamente na Figura 7 e na detecção da H_2O_2 que foi encontrada apenas na região periférica.

6 CONCLUSÕES

As cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca sofrem alterações químicas e histológicas após o armazenamento, sendo a cultivar Catarina Branca a mais resistente às alterações pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- AACC - American Association Of Cereal Chemists. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**. 9. ed. Paul: Approved Methods Committee, 1995.
- ADOM, K.K.; LIU, R. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, n.21, p.6182-6187, ago. 2002.
- ALVES, A.A.C.; SILVA, A.F. 2003. **Cultivo da mandioca para a Região Semi-Árida**. Sistemas de Produção. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_semiarido/index.htm> Acesso em: 05 jun. 2009.
- AMIOT, M.J.; TACCHINI, M.; AUBERT, S.Y.; OLESZEK, W. Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymic browning of pear fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.43, p.1132–1137, maio 1995.
- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G. Storage of tuber crops. **Indian Farming**, New Delhi, v.33, n.12, p.51-53, 1984.
- BALAGOPALAN, C.; PADMAJA, G.; NANDA, S.K.; MOORTHY, S.N. **Cassava in food, feed, and industry**. Florida: C.R.C.Press, 1988.
- BARROSO, G.M.; PEIXOTO, A.L.; COSTA, C.G.; ICHASO, C.L.F.; GUIMARÃES, E.F.; LIMA, H.C. de. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. 2. ed. Viçosa: UFV Imprensa Universitária, 1984. v. 2.
- BEECHING, J.R. 2001. **Identifying Target Points for the Control of Post-Harvest Physiological Deterioration in Cassava**. Relatório Final. Disponível em: http://www.dfid.gov.uk/r4d/PDF/Outputs/CropPostHarvest/R6983_FTR.pdf. Acesso em: 10 dez. 2010.
- BEECHING, J.R.; HAN, Y.; GÓMEZ-VÁSQUEZ, R.; DAY, R.C.; COOPER, R.M. Wound and defense responses in cassava as related to post-harvest physiological deterioration. **Recent Advances in Phytochemistry**. v.32, p.231-248, 1998.
- BOOTH, R.H. Storage of fresh cassava roots (*Manihot esculenta*): I. Post-harvest deterioration and its control. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.12, p.103-111, 1976.
- BOOTH, R.H.; DE BUCLE, T.S.; CARDENAS, O.S.; GOMEZ, G.; HERVAS, E. Changes in quality of cassava roots during storage. **Journal of Food Technology**, v.11, p.245-264, 1976.
- BRANDÃO, T.B.C. **Caracterização da qualidade de farinha de mandioca produzida no Agreste Alagoano**. 2007. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

BUSCHMANN, H.; REILLY K.; RODRIGUEZ M.X.; TOHME J.; BEECHING JR. Hydrogen peroxide and flavan-3-ols in storage roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) during postharvest deterioration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.48, p.5522-5529, mar. 2000a.

BUSCHMANN, H.; RODRIGUEZ, M.X.; TOHME J.; BEECHING J.R. Accumulation of hydroxycoumarins during post-harvest deterioration of tuberous roots of cassava (*Manihot esculenta*. Crantz). **Annals Botany**, v.86, p.1153–1160. 2000b

CAGNON, J.R.; CEREDA, M.P.; PANTAROTTO, S. Glicosídeos cianogênicos da mandioca: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. *In*: CEREDA, M.P. (Ed.). **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002. v. 2. p 83-99.

CAMPOS, A.D.; SILVEIRA, E.M.L. 2003. **Metodologia para determinação da peroxidase e da polifenol oxidase em plantas**. Comunicado técnico 87. Disponível em:
<<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/comunicados/comunicado87.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2009

CAMPOS, A. D.; CARVALHO, V. D. Deterioração pós-colheita de mandioca I Modificações no grau de deterioração fisiológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.5, p.773-781, 1990.

CARDOSO, C.E.L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 2003. Tese de Doutorado em Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARNEIRO, A.A.J.; ALVES-PRADO, H.F.; GOMES, E.; DA SILVA, R. Escurecimento enzimático em alimentos: Ciclodextrinas como agente antiescurecimento. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, p.345-352, jul./set. 2006.

CARVALHO, V.D., CHAGAS, S.J.R., COSTA, A.C. Alterações em alguns componentes estruturais das raízes durante o armazenamento pós-colheita de três cultivares de mandioca. **Revista Brasileira Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n.2, p.73–77, 1988.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S. M.; JUSTE JUNIOR, E.S.G. Método de armazenamento na conservação de raízes de mandioca: I. Efeito da embalagem do polietileno e secagem 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. 1985.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; WANG, S. H. Armazenamento pós-colheita de mandioca : I . Influência da composição química de raízes de cultivares de mandioca sobre a resistência a deterioração pós-colheita. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.1, n.1, p.15-45, 1982a.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Armazenamento pós-colheita da 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.23-34, 1982b.

CENTEC - Instituto Centro de Ensino Tecnológico. **Produtor de Mandioca**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. Conservação de raízes. In: Cereda, M.P.; Vilpoux, O.F. (Eds). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3. p.13-29.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.; MORAES, A. Armazenamento pós-colheita de mandioca: III Efeito de alterações físico químicas sobre a resistência de cultivares de mandioca à deterioração microbiológica. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.1, n.1, p.35-42, 1982.

CHÁVEZ, A.L.; BEDOYA, J.M.; SÁNCHEZ, T.; IGLESIAIS, C.; CEBALLOS, H.; ROCA, W. Iron, carotene, and ascorbic acid in cassava roots and leaves. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v.21, n.4, p.410-413, 2000.

CHÁVEZ, A.L.; SÁNCHEZ, T.; JARAMILLO, G.; BEDOYA, J.M.; ECHEVERRY, J.; BOLANOS, E.A.; CEBALLOS, H.; IGLESIAS, C.A. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. **Euphytica**, Wageningen, v.143, p.125-133, 2005.

COCK, J. H. Aspectos fisiológicos e del crecimiento y desarrollo de La planta de yuca. In: DOMINGUEZ, C. E. D. (Ed.). **Yuca: investigación, producción y utilización**. CIAT/PNUD, 1982. p.51-75.

CONCEIÇÃO, A.J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1983.

COSTA NETO, P.R.; SPOTO, M.H.F.; DOMARCO, R.E. Uso da radiação gama na inibição do escurecimento de mandioca (*Manihot utilissima* Pohl) "in natura", sem casca. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v.15, n.1, p.75-83, 1997.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DATA, E.S.; QUEVETO, M.A.; GLORIA, L.A. Pruning techniques affecting the root quality of cassava at harvest and subsequent storage. In: URITANI, J.; REYES, E.D. (Ed.) **Tropical root crops: Post-harvest physiology and processing**. Japan: Scientific Press, 1984. p.127-143.

EL-SHARKAWY, M.A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, Zurich, v.53, n.5, p.621-641. 2003.

EL-SHARKAWY, M.A. International research on cassava photosyntheses, productivity, eco physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**, Praha, v.44, n.4, p.481-512. 2006.

ESKIN, N.A.M.; HENDERSON, H.M.; TOWNSEND, R.J. Browning reactions in foods. *In*: ESKIN, NAM; HENDERSON, HM; TOWNSEND, RJ (Ed.). **Biochemistry of Foods**. New York: Academic Press, 1971. p. 69-108.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Faostat database gateway**. 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567>>. Acesso em: 22 Jun. 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Food Outlook**. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/ai474e/ai474e06.htm>>. Acesso em: 22 Jun. 2009.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: An Overview. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, n.3, p.631-653. mar. 1996.

FUKUDA, W.M.G.; BORGES, M.F. Avaliação qualitativa de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n.1, p.63-7. 1988.

FUKUDA, W.M.G.; SILVA, R.C.A.; BORGES, M.F. Seleção de cultivares de mandioca para o consumo "in natura". **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.7, n.2, p.7-18. 1989.

GREGÓRIO, S.R.; SOARES, A.G.; MODESTA, R.C.D.; CORREIA, T.B.S. Avaliação de mandioca congelada após o processo de cura em câmara climatérica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.16, n.2, p.108-110. 1996.

GRIZOTTO, R.K.; MENEZES, H.C. Avaliação da aceitação de "Chips de Mandioca". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23 (Suplemento), p.79-86, 2003.

GROSSI, J.L.S.; NETO, J.J.; LOPES, C.A.; CONEGLIAN, R.C.C.; SABAASRUR, A.U.O. Alterações na composição química no período pós-colheita de raízes de mandioca cv. Saracura, **Agronomia**, v.38, p.59-63. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. 2007. **Produção Agrícola Nacional**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estatistica/agropecuaria/lspa/lspa_200711comentarios.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. 2009. **Banco de dados agregado**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>. Acesso em: 05 ago. 2009.

IGLESIAS, C.; HERSHEY, C.; CALLE, F.; BOLAÑOS, A. Propagating cassava (*Manihot esculenta*) by sexual seed. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 30, p. 283–290. 1994.

IGLESIAS, C.; MAYER, J.E.; CHAVES, A.L.; CALLE, F. **Exploring the genetic potential and stability of α -carotene content in cassava roots**. Biotechnology Research Unit Annual Report; Cali: CIAT, 1995.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2010. **Agrometeorologia**. Disponível em:
http://www.inmet.gov.br/html/prev_tempo.php?lnk=../prev_clima_tempo/municipios_p.html. Acesso em: 15 set. 2010.

INPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. 2009. **Caderno Estatístico Município de Nova Londrina**. Disponível em:
<http://www.diaadia.pr.gov.br/hinos/arquivos/File/ipardes/novalondrina.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2010.

IRMÃO, J. N. **Efeito da Idade de Colheita Sobre a produção e Qualidade Nutricional no Feno da Parte Aérea da Mandioca**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da conquista, 2007.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. 3. ed. Nova York: MacGraw-Hill, 1940.

KAJIWARA, S.; MAEDA, H. The monosaccharide composition of cell wall material in cassava tuber (*Manihot utilissima*). **Agricultural and Biological Chemistry**, v.47, n.10, p.2335-2340, 1983.

KATO, M.S.A.; CARVALHO, V.D.; CORRÊA, H. Efeito da poda na deterioração fisiológica, atividade enzimática e nos teores de compostos fenólicos em raízes de mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.237-245, fev. 1991.

KATO, M.S.A.; CAMPOS, A.D.; CARVALHO, V.D. 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.

.KEARSLEY, M.W.; TABARI, J.N. The enzymic hydrolysis of starch containing crops. **Lebensmittel-wissenschaft & Technology**, v.12, n.4, p.199-202, 1979.

KEATING, B.A.; WILSON, G.L.; AND EVENSON, J.P. Effects of length, thickness, orientation, and planting density of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) planting material on subsequent establishment, growth and yield. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v.53, p.145–149, 1988.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. (Boletim Técnico, 245)

LOZANO, J. C.; TORO, J.C.; CASTRO, A.; BELLOTI, A.C. **Produção de material de plantio de mandioca**. Cali: CIAT, 1977.

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, set. 1978.

MARTINEZ, M.V.; WHITAKER, J.R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science and Technology**, Nórvido v.6, n.6, p.195-200, jun. 1995.

- MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita da mandioca minimamente processada**. 2009. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- MIRANDA, L.A. **Características tecnológicas, agronômicas e de qualidade de mandioca de mesa**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. 1. ed. Londrina: Eduel, 2009.
- MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tuber. **Tropical Science**, Oxford, v. 15, n. 1, p. 39-46, 1973.
- NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. 2006. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. Versão II. 2. ed. UNICAMP: Campinas. Disponível em: www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela. Acesso em: 22 Out. 2009.
- NOGUEIRA, J.N.; SILVA, E. Efeito comparativo do calor, S02 e ácido ascórbico na atividade da polifenol oxidase e peroxidase de algumas frutas e hortaliças. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.46, n.2, p.453-471, 1989.
- OLIVEIRA, M.A.; PANTAROTO, S.; CEREDA, M.P. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, n.2, p.339-344, jul./dez. 2003.
- OLIVEIRA, S.P. **Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agronômicas da mandioca**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade estadual do sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.
- ORTEGA-FLORES, C.I. **Carotenóides com atividade pró-vitamínica A e teores de cianeto em diferentes cultivadores de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Estado de São Paulo**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- PADMAJA, G. Cyanide detoxification in cassava for food and feed uses. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.35, n.4, p.299–339, jul. 1995.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C. Cellular and extra cellular enzymes associated with the post harvest deterioration of cassava tubers. **Journal of Food Science and Technology**, v.22, p.82-87, mar./abr. 1985.
- PADMAJA, G.; BALAGOPAL, C.; POTTY, V.P. Polifenoles yel deterioro fisiologico em yuca. **Yuca**, Cali, v.10, n.5, p.2-22. 1982.

PARANAIBA, J.L.V.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L. Efeitos da poda e do uso de embalagens na conservacao de raizes de mandioca durante o armazenamento. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasilia, v.31, n.4, p.269-276, 1996.

PEDROSO, B.M. **Avaliação do efeito sinérgico da embalagem a vácuo, irradiação e refrigeração da mandioca minimamente processada**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2005.

PEREIRA, A. M. 2009. **A Tapioca**. Disponível em: <<http://garfadasonline.blogspot.com/2009/04/tapioca.html>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

PEREIRA, L.T.P.; BELEIA, A. del P. Isolamento, fracionamento e caracterização de paredes celulares de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.1, p.59-63, jan./mar 2004.

PLUMBLEY, R.; HUGHES, P.A.; MARRIOT, J. Studies on peroxidases and vascular discoloration in cassava root tissues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 32, p.723-731, 1981.

PLUMBLEY, R.A.; RICKARD, J.E. Post-harvest deterioration of cassava. **Tropical Science**, Londres, v.31, n.3, p.295-303. 1991.

REILLY, K.; GÓMEZ-VÁSQUEZ, R.; BUSCHMANN, H.; TOHME, J.; BEECHING, J.R. Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. **Plant Molecular Biology**, v.53, p.669-685. 2003.

RICKARD, J.E. Biochemical changes involved in the post-harvest deterioration of cassava roots. **Tropical Science**, Londres, v. 23, p.235-237, 1981.

RICHARD, J.E. Physiological deterioration in cassava roots. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.167–176. 1985.

RICHARD, J.E.; COURSEY, D. G. Cassava storage. **Tropical Science**, Londres, v. 23, n.1, p. 1-32, 1981.

RICKARD, J.E.; GAHAN, P.B. The development of occlusions in cassava root xylem vessels. **Annals of Botany**, Oxford, v.52, n.6, p. 811–821, 1983.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis**. Washington: IFPRI and CIAT, 2004.

SANTIAGO, A. D. **Efeito da poda na produtividade, conservação e qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1985. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1985.

SANTOS, A.C.P.; MONDARDO, D.; WAMMES, E.V.S.; STERN, E.; ZIMMERMANN, A.M.; ZANELATO, F.T.; FEIDEN, A. A cultura de mandioca nas propriedades que compõem a microbacia sanga ITA, município de quatro pontes – PR. In: **XIII Congresso Brasileiro de Mandioca**, 2009. p. 976-780.

SANTOS, G.L. 2005. **Resposta técnica SENAI – Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas – MC&T**. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/SBRT-CENTRAL/resposta.do>>. Acesso em: 05 ago. 2009.

SIVAN, P. Post harvest durability of fresh roots of cassava varieties in Fiji and storage of roots in moist sawdust. **Fiji Agriculture Journal**, v.41, p.95-102. 1979.

SWAIN, T.; HILLIS, W. T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.10, p.135-144, fev. 1959.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S. Clima e solo. *In*: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. 2000. p.11-13. (Circular Técnica, 37).

TERNES, M. Fisiologia da planta. *In*: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas**. Vol. 2. São Paulo: Fundação Cargil, 2002. p.66-82.

THORDAL-CHRISTENSEN, H.; ZHANG, Z.; WEI, Y.; COLLINGE, D.B. Subcellular localization of H₂O₂ in plants. H₂O₂ accumulation in papillae and hypersensitive response during the barley-powdery mildew interaction. **The Plant Journal**, v.11, p.1187-1194. 1997.

URITANI, I. Biochemistry on postharvest metabolism and deterioration of some tropical tuberous crops. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taipei, v.40, n.3, p.177-183, 1999.

URITANI, I.; DATA, E.S.; VILLEGAS, R.J. Relationship between Secondary Metabolism Changes in Cassava. Root Tissue and Physiological Deterioration. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.47, n.7, p.1591-1598, 1983.

VAN OIRSCHOT, Q.E.A.; O'BRIEN, G.M.; DUFOUR, D.D.; EL-SHARKAWY M.A.; MESA, E. The effect of pre-harvest pruning of cassava upon root deterioration and quality characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n.13, p.1866-1873, 2000.

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. **Journal of the Association of the Official Analytical Chemists**, v.46, p.829-835, 1963.

VILPOUX, O.F. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.11, p.27-38, nov. 2008.

ZERAIK, A.E.; SOUZA, F.S.; LEITE, O.D.; FATIBELLO, O. Desenvolvimento de um spot test para o monitoramento da atividade da peroxidase em Procedimento de Purificação. **Química Nova**, São Paulo, v.31, p.731-734, 2008.

WALDERN, D. E. A rapid micro-digestion procedure for neutral and acid detergent fiber. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.51, p.67-69, 1971.

WANG, S.; CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Armazenamento pós-colheita de mandioca: V. Influência de polifenoloxidase na deterioração fisiologica. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.17-20, 1983.

WENHAM, J.E. 1995. **Post-harvest deterioration of cassava: a biotechnology perspective**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/V4510E/V4510E00.htm>>. Acesso em: 10 Jul. 2009.

WESTBY, A. Cassava utilization, storage and small-scale processing. *In*: HILLOCKS, R.G.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A.C. (Ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. CAB International, 2002. p.281-300

WHEATLEY, C.; SCHWABE, W. W. Scopoletin involvement in postharvest physiological deterioration of cassava root (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v.36, n.166, p.783-791, mai. 1985.