

# Alterações químicas e histológicas em mandiocas armazenadas das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca

## Chemical and histological changes in stored cassava roots of cultivars Catarina Amarela and Catarina Branca

Alisson Reis Canto<sup>1\*</sup>, Nelson da Silva Fonseca Júnior<sup>2</sup>, Adelaide Beileia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina - UEL. Rod. Celso Garcia, km 445, CEP 86051-970, Londrina, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Área de Melhoramento e Genética Vegetal, Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR Rod. Celso Garcia, Km 375, CEP 86047-902, Londrina, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência: alissondosreis@ibest.com.br

Rec.: 07.03.12 Acep.: 03.12.13

### Resumo

A pesquisa teve por objetivo avaliar e comparar as alterações químicas e histológicas ocorridas após o armazenamento das raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca. A parte aérea da planta foi podada 30 dias antes da colheita e as raízes, cultivadas no Instituto Agronômico do Paraná, foram colhidas aos 10 meses de idade, armazenadas por 5 dias e submetidas à avaliação da deterioração fisiológica, teor de umidade, atividades de polifenoloxidase e peroxidase, teor de compostos fenólicos totais, detecção de peróxido de hidrogênio, teor de carotenóides totais, celulose, lignina, além de avaliações histológicas. Após o armazenamento as cultivares sofreram deterioração fisiológica e apresentaram alterações no teor de umidade, atividade de peroxidase, compostos fenólicos totais e lignina. Ambas cultivares não apresentaram atividade de polifenoloxidase. Foram observadas alterações histológicas, sendo esta mais pronunciada na cultivar Catarina Amarela. Deste modo, as cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca sofrem alterações químicas e histológicas após o armazenamento, sendo a Catarina Branca a mais resistente às alterações pós-colheita.

**Palavras-chave:** Alterações pós-colheita, composição química, *Manihot esculenta*.

### Abstract

The research aimed evaluate and compare chemical and histological changes occurring after harvest of cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz) of cultivars Catarina Amarela and 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, moisture content, activities of the enzymes polyphenoloxidase and peroxidase, content of phenolic compounds, detection and localization of hydrogen peroxide, composition in carotenoids, cellulose, lignin, and microscopy of the parenchyma. After storage the cultivars presented physiological deterioration and changes in moisture content, activities of peroxidase, content of phenolic compounds and lignin. Both cultivars showed no polyphenoloxidase activity. Alterations histological were observed, which is more pronounced in Catarina Amarela. The cultivars Catarina Amarela and Catarina Branca presents chemical and histological changes after storage, and Catarina Branca the most resistant to post-harvest changes.

**Key words:** Alteration after harvesting, chemical composition, *Manihot esculenta*.

## Introdução

No âmbito mundial, a cultura de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta produção anual acima de 200 milhões de toneladas, e o Brasil ocupa lugar de destaque, sendo o terceiro maior produtor, com produção estimada para 2012 na ordem de 25 milhões de toneladas (FAO, 2011; IBGE, 2012). Atributos específicos como fácil propagação, alta eficiência na produção de carboidratos, rendimento satisfatório em solos de baixa fertilidade, além da vantagem de uma colheita flexível, tornam a cultura de mandioca muito atraente (Cagnon *et al.*, 2002). No entanto, dois inconvenientes estão presentes nesta cultura, o primeiro é a presença de glicosídeos cianogênicos em todas as partes da planta e o segundo, é o fato das raízes tuberosas sofrerem rápida deterioração causada por processos fisiológicos que se iniciam entre 24 e 48 h após a colheita (Buschmann *et al.*, 2000a). Essa deterioração é conhecida como deterioração fisiológica pós-colheita (DF) e consiste no desenvolvimento de estrias escuras no parênquima de armazenamento, que além de afetar as características visuais, causam odor e sabor desagradável (Reilly *et al.*, 2007).

O desenvolvimento da DF tem sido fortemente associado às injúrias ocorridas durante a colheita e a evidência disto é o fato de que embora a bioquímica do processo de DF não seja totalmente compreendida, as mudanças ocorridas se assemelham às mudanças típicas associadas a resposta da planta a ferimentos, desencadeando assim uma cascata de reações bioquímicas de natureza oxidativa (Morante *et al.*, 2010). Dentre as mudanças ocorridas durante a DF tem sido observado o aumento de alguns metabólitos secundários, como compostos fenólicos e diterpênicos (Buschmann *et al.*, 2000a, b), aumento da atividade das enzimas peroxidases e polifenoloxidasas (Campos e Carvalho, 1990), além de picos de espécies reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (Reilly *et al.*, 2003).

Estudos comparativos no desenvolvimento da DF em diversas cultivares mostraram que existem diferenças na suscetibilidade destas. Assim, o conhecimento do maior

número de cultivares e sua suscetibilidade torna-se importante, pois podem fornecer a produtores e biólogos a oportunidade de usar a variabilidade genética para melhorar a cultura (Buschmann *et al.*, 2000a; Wenham, 1995). Segundo Miranda (2000) dentre as cultivares de mandioca de mesa de ampla adaptação e distribuição no Estado do Paraná estão Catarina Amarela e Catarina Branca, isso se deve ao bom desempenho em produtividade e processamento das raízes tuberosas destas cultivares. Sabendo do desempenho destas, e que trabalhos referentes a resistência à DF não foram encontrados, este estudo teve como objetivo avaliar e comparar as alterações químicas e histológicas ocorridas após o armazenamento das raízes tuberosas das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca.

## Materiais e métodos

As cultivares de mandioca de mesa Catarina Amarela e Catarina Branca foram cultivadas em Londrina, PR - Brasil (23° 18' 37" S, 51° 09' O, e altitude média de 576 m). A colheita das raízes tuberosas ocorreu 10 meses após o plantio (agosto 2010), sendo a parte aérea da planta eliminada 30 dias antes. Após a colheita foram selecionadas para o experimento, apenas raízes intactas de tamanho médio, entre 20 a 40 cm, sendo as extremidades destacadas, e a extremidade distal (ponta) coberta com película de PVC (cloreto de polivinila) como realizado por Buschmann *et al.* (2000a). Em seguida, as raízes foram armazenadas em contedores plásticos sob condições ambientes.

Inicialmente e após 5 dias de armazenamento, cinco raízes de cada cultivar foram ao acaso retiradas para serem analisadas. Cada raiz foi seccionada transversalmente em três pedaços, sendo dois das extremidades, proximal (inserção) e distal (ponta), e um da região mediana. Assim, cada região separadamente foi submetida à: (1) avaliação do escurecimento do parênquima causado pela DF, o qual foi determinado com auxílio de um colorímetro portátil digital, utilizando o sistema Hunter (CIELAB), tomou-se o valor da luminosidade (L\*) conforme método descrito por Miranda (2000).(2) O teor de umidade, foi determinado

conforme método gravimétrico (Método 44-15) descrito pela AACCC (1995); (3) a atividade da polifenoloxidase e peroxidase foram determinadas de acordo com a técnica proposta por Nogueira e Silva (1989), para determinação da atividade da polifenoloxidase foi utilizado para reação colorimétrica catecol 0.1 M e a leitura realizada em espectrofotômetro a 425 nm. Para peroxidase, foi utilizado guaiacol 0.5% e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 0.08% e a leitura realizada a 470 nm. (4) os compostos fenólicos totais foram extraídos conforme método descrito por Adom e Liu (2002), utilizando etanol 80% e a quantificação realizada pelo método espectrofotométrico a 760 nm, por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico e utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Swain e Hillis (1959); (5) o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in situ foi detectado conforme método descrito por Thordal-Christensen *et al.* (1997) no qual a solução de 3.3 Diaminobenzidine (DAB) (2 mg/ml, pH 3.8) foi infiltrada na amostra sob vácuo durante 3 h; (6) o teor de carotenóides totais foi determinado conforme método descrito por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), sendo os pigmentos extraídos com acetona resfriada a 4 °C e então transferido para éter de petróleo. A quantificação foi realizada por método espectrofotométrico a 453 nm; (7) a determinação do teor de celulose e lignina seguiu o método de microdigestão descrito por Mizubuti *et al.* (2009), no qual a amostra seca foi previamente digerida em solução detergente ácido.

Para as observações histológicas secções transversais obtidas a mão livre do material fresco da região da inserção das raízes foram coradas com a combinação de solução alcoólica de fluoroglucina 1% e solução de ácido clorídrico a 25% (Johansen, 1940). As lâminas foram observadas em microscópio óptico (Motic B1 – JVC TK-CI380) e as imagens digitalizadas a partir do software Motic Images Plus 2.0 nas condições ópticas adequadas.

A análise estatística seguiu um esquema fatorial 2 x 2 x 3 com cinco repetições em triplicata para cada experimento, sendo os fatores estudados: cultivar (Catarina Amarela e Catarina Branca), tempo de armazenamento (zero e cinco dias) e regiões da raiz (inserção, meio e ponta). Os resultados foram

submetidos à análise de variância (Anova) e teste de médias (Tukey) quando adequado, usando software Statistica7 com nível de significância  $P < 0.05$ .

## Resultados e discussões

Dentre os fatores estudados a diferença entre as cultivares e o tempo de armazenamento foram significativos ( $P < 0.05$ ) para o escurecimento do parênquima de reserva. A Tabela 1 mostra que inicialmente a cor da polpa da cultivar Catarina Branca diferiu da Catarina Amarela. Essa diferença já era esperada, uma vez que o parâmetro L\* varia do preto (0) ao branco (100) e a Catarina Branca é uma cultivar com polpa branca, já a Catarina amarela apresenta polpa com tonalidade mais amarelada. Após o armazenamento de 5 dias houve uma diminuição dos valores de L\*, o que indica um escurecimento para ambas cultivares, sendo esta mais acentuada e significativa apenas para Catarina Amarela (Tabela 1). Deste modo, a cultivar Catarina Branca apresentou-se mais resistente ao escurecimento característico da DF.

Quando comparadas as regiões na mesma cultivar, inicialmente não houve diferença. Após o armazenamento, apenas a inserção das raízes da cultivar Catarina Amarela diferiu do meio, apresentando a maior diminuição do valor L\*, correspondendo a um maior escurecimento (Tabela 2). Uma grande variação no desenvolvimento dos sintomas da DF nas raízes de mandioca foi notada, pois, embora algumas apresentassem diferentes intensidades após 5 dias de armazenamento outras não apresentaram sintoma, indicando que esse processo não é uniforme dentro de uma mesma cultivar.

Para o teor de umidade, dentre os fatores estudados a diferença entre as cultivares, tempo de armazenamento e regiões foram significativos ( $P < 0.05$ ). Conforme mostra a Tabela 1, inicialmente o teor de umidade foi maior na cultivar Catarina Branca diferindo da Catarina Amarela e após o armazenamento houve diminuições para ambas cultivares, sendo a cultivar com maior teor de umidade a mais resistente a DF. Essa relação também já foi observada para outras cultivares nos estudos de Campos e Carvalho (1990), van

**Tabela 1.** Valores médios do parâmetro L\*, umidade, atividade da peroxidase (POD), teor de fenólicos totais, celulose e lignina das raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (inicial) e 5 dias de armazenamento.

| Tempo de armazenamento                         | Cultivares                  |                             | Média               |
|--|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
|  | Catarina Amarela            | Catarina Branca             |                     |
| <b>Parâmetro L*</b>                            |                             |                             |                     |
| Inicial  | 88.60±0.56 <sup>aB</sup>    | 90.88±0.91 <sup>aA</sup>    | 89.74 <sup>a</sup>  |
| 5 dias   | 86.63±2.13 <sup>bB</sup>    | 89.79±0.95 <sup>aA</sup>    | 88.26 <sup>b</sup>  |
| <b>Média</b>                                   | 87.62 <sup>B</sup>          | 90.34 <sup>A</sup>          |                     |
| <b>Umidade (%)</b>                             |                             |                             |                     |
| Inicial  | 59.01±0.83 <sup>aB</sup>    | 61.10±2.40 <sup>aA</sup>    | 60.06 <sup>a</sup>  |
| 5 dias   | 56.93±1.74 <sup>bB</sup>    | 58.42±1.72 <sup>bA</sup>    | 57.68 <sup>b</sup>  |
| <b>Média</b>                                   | 57.97 <sup>B</sup>          | 59.76 <sup>A</sup>          |                     |
| <b>Atv. POD (Unidades enzimáticas/ml/min)</b>  |                             |                             |                     |
| Inicial  | 14.20±0.09 <sup>bA</sup>    | 11.82±0.31 <sup>bA</sup>    | 13.01 <sup>b</sup>  |
| 5 dias   | 268.99±125.78 <sup>aA</sup> | 162.84±112.12 <sup>aB</sup> | 215.92 <sup>a</sup> |
| <b>Média</b>                                   | 141.59 <sup>A</sup>         | 87.33 <sup>B</sup>          |                     |
| <b>Fenólicos (mg eq. de ácido gálico/100g)</b> |                             |                             |                     |
| Inicial  | 48.27±0.89 <sup>aA</sup>    | 49.66±1.03 <sup>aA</sup>    | 48.97 <sup>a</sup>  |
| 5 dias   | 44.15±3.37 <sup>aA</sup>    | 42.78±0.85 <sup>bA</sup>    | 43.47 <sup>b</sup>  |
| <b>Média</b>                                   | 46.21 <sup>A</sup>          | 46.22 <sup>A</sup>          |                     |
| <b>Celulose (%)</b>                            |                             |                             |                     |
| Inicial  | 2.87±0.09 <sup>aA</sup>     | 2.47±0.07 <sup>aB</sup>     | 2.67 <sup>a</sup>   |
| 5 dias   | 2.50±0.21 <sup>aA</sup>     | 2.66±0.13 <sup>aA</sup>     | 2.58 <sup>a</sup>   |
| <b>Média</b>                                   | 2.69 <sup>A</sup>           | 2.57 <sup>A</sup>           |                     |
| <b>Lignina (%)</b>                             |                             |                             |                     |
| 0 dias   | 0.683±0.01 <sup>aA</sup>    | 0.447±0.01 <sup>bB</sup>    | 0.57 <sup>b</sup>   |
| 5 dias   | 0.865±0.04 <sup>aB</sup>    | 1.29±0.07 <sup>aA</sup>     | 1.07 <sup>a</sup>   |
| <b>Média</b>                                   | 0.774 <sup>A</sup>          | 0.868 <sup>A</sup>          |                     |

\* 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).

**Tabela 2.** Valores médios do parâmetro L\*, umidade e atividade da Peroxidase (POD) nas 3 regiões de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca após a colheita (inicial) e 5 dias de armazenamento.

| Região da raiz   | Tempo de armazenamento  |                         |                           |                          |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
|  | Inicial                 |                         | 5 dias                    |                          |
|  | Catarina Amarela        | Catarina Branca         | Catarina Amarela          | Catarina Branca          |
| <b>Parâmetro L*</b>  |                         |                         |                           |                          |
| Inserção   | 88.33±0.46 <sup>a</sup> | 90.98±0.20 <sup>a</sup> | 85.54±2.98 <sup>b</sup>   | 89.53±0.69 <sup>a</sup>  |
| Meio   | 88.68±0.61 <sup>a</sup> | 91.22±0.70 <sup>a</sup> | 87.63±0.73 <sup>a</sup>   | 90.01±1.16 <sup>a</sup>  |
| Ponta  | 88.80±0.60 <sup>a</sup> | 90.45±1.40 <sup>a</sup> | 86.73±1.91 <sup>ab</sup>  | 89.84±1.09 <sup>a</sup>  |
| <b>Umidade (%)</b>   |                         |                         |                           |                          |
| Inserção   | 58.07±0.87 <sup>a</sup> | 58.60±1.44 <sup>b</sup> | 55.32±1.31 <sup>b</sup>   | 56.74±1.36 <sup>b</sup>  |
| Meio   | 59.66±0.82 <sup>a</sup> | 61.30±2.24 <sup>a</sup> | 56.68±1.32 <sup>ab</sup>  | 58.33±1.11 <sup>ab</sup> |
| Ponta  | 59.30±1.31 <sup>a</sup> | 63.39±1.30 <sup>a</sup> | 58.79±1.75 <sup>a</sup>   | 60.18±2.77 <sup>a</sup>  |
| <b>Atividade da peroxidase (Unidades enzimáticas/ml/min)</b> |                         |                         |                           |                          |
| Inserção   | 14.22±1.75 <sup>a</sup> | 11.87±1.47 <sup>a</sup> | 410.12±176.5 <sup>a</sup> | 290.67±96.8 <sup>a</sup> |
| Meio   | 14.29±1.74 <sup>a</sup> | 12.12±0.93 <sup>a</sup> | 228.19±177.9 <sup>b</sup> | 116.75±81.5 <sup>b</sup> |
| Ponta  | 14.11±2.73 <sup>a</sup> | 11.48±2.22 <sup>a</sup> | 168.68±97.1 <sup>b</sup>  | 81.12±89.1 <sup>b</sup>  |

\*Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si, segundo teste de Tukey (P < 0.05).

Oirschot *et al.* (2000), Chávez *et al.* (2005) e Morante *et al.* (2010), o que vem a indicar que trabalhos para seleção de cultivares mais resistentes a estas perdas pós-colheita devem levar em consideração o alto teor de umidade das raízes tuberosas.

Quando comparadas às regiões, após o armazenamento o teor de umidade foi menor na inserção de ambas, diferindo da ponta, região com maior teor de umidade (Tabela 2). Isto possivelmente pode ser atribuído ao fato da ponta estar coberta com PVC, o que impedia maior perda de umidade.

Neste estudo não foi detectada atividade da enzima polifenoloxidase e embora Campos e Carvalho (1990) e Kato *et al.* (1991) citem correlação entre a atividade da polifenoloxidase com o desenvolvimento da DF, esta opinião não é unânime e os resultados controversos, pois Carvalho *et al.* (1985) ao estudarem a relação entre compostos fenólicos, atividade da peroxidase, polifenoloxidase e DF em raízes de mandioca também não detectaram atividade da polifenoloxidase em raízes da cultivar IAC-1418.

Com relação à atividade da peroxidase, as interações cultivar x tempo e região x tempo foram significativas ( $P < 0.05$ ). Inicialmente não houve diferença entre as cultivares, mas após o armazenamento houve aumento da atividade, assim como diferença entre as cultivares (Tabela 1). A cultivar Catarina Amarela foi a que apresentou maior atividade da peroxidase após o armazenamento e também a mais afetada pela DF. Esta relação entre o aumento da atividade da peroxidase e a DF também foi evidenciada por Campos e Carvalho (1990) que ao estudarem o processo de deterioração pós-colheita de mandioca observaram que raízes da cultivar IAC 12829 (suscetível a DF) após 7 dias de armazenamento apresentaram maior atividade (325 unidades enzimáticas/min) e ao final do experimento estavam totalmente escurecidas, já a cultivar Guaxupé, uma cultivar resistente a DF, apresentou menor atividade (90.72 unidades enzimáticas/min).

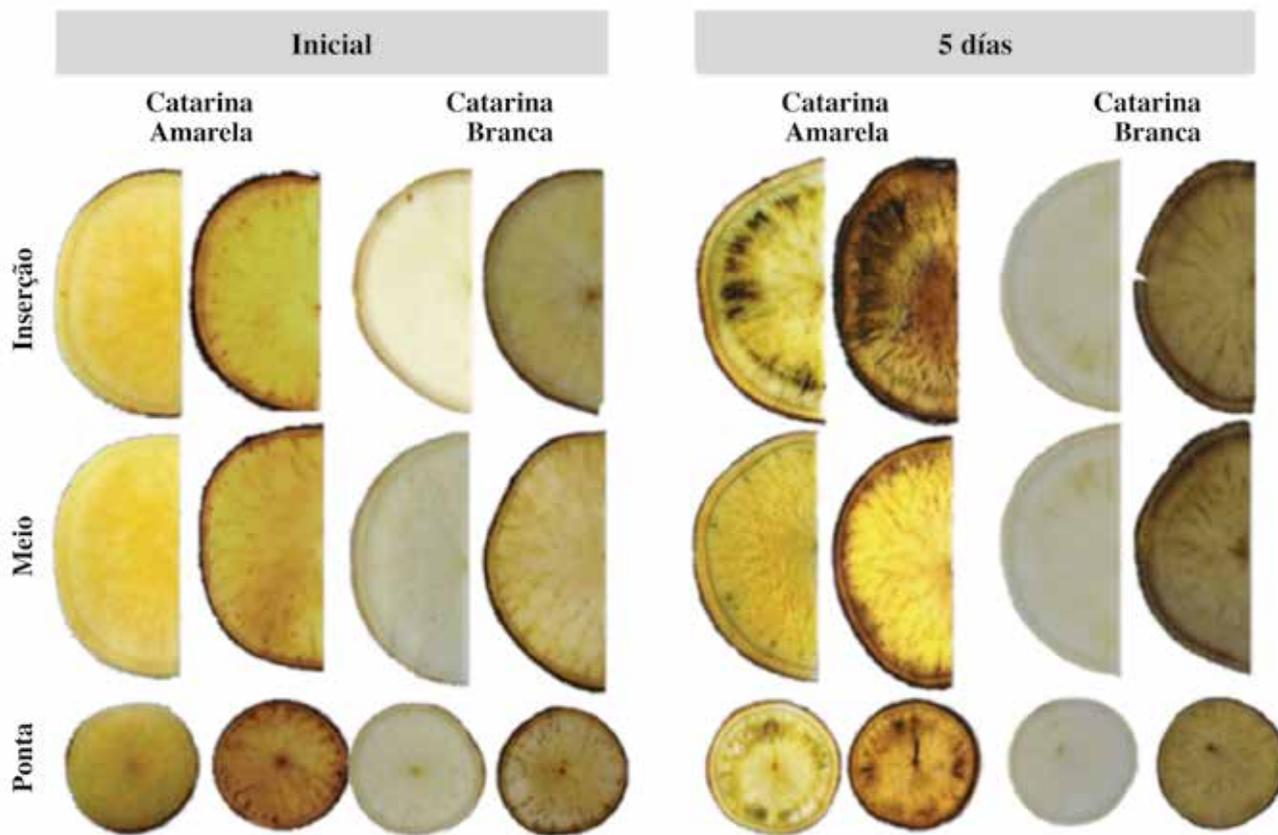
Quando comparadas as regiões dentro das cultivares, inicialmente não houve diferença, mas após o armazenamento, as inserções de ambas apresentaram maior atividade

da peroxidase diferindo do meio e da ponta (Tabela 2). Esta maior atividade na região da inserção está de acordo com o observado por Carvalho *et al.* (1985) que detectaram um aumento mais acentuado na atividade da peroxidase após 8 dias de armazenamento nas regiões da ponta e inserção, e explicam esse aumento devido as injúrias ocorridas durante a colheita principalmente nestas regiões, que provocam ativação da peroxidase para a subsequente proteção do tecido danificado, porém provocam também reações que levam ao escurecimento do parênquima.

Com relação aos teores de compostos fenólicos totais, dentre os fatores estudados apenas o tempo de armazenamento foi significativo ( $P < 0.05$ ). Deste modo, quando comparado o teor de compostos fenólicos totais após o armazenamento com o inicial, houve tendência de decréscimo para ambas cultivares, mas significativo apenas para cultivar Catarina Branca (Tabela 1). Carvalho *et al.* (1985) ao estudarem o processo de DF em raízes de mandioca da cultivar IAC-1418, não relatam grandes variações no teor de fenólicos totais, sendo detectados inicialmente na ponta, meio e inserção valores de 48.0, 50.7 e 68.0 mg/100 g e depois de 4 dias de armazenamentos 46.7, 58.0, 58.0 mg/100g, respectivamente. Assim também Buschman *et al.* (2000b) não encontraram alterações nos fenólicos totais em raízes de três cultivares durante 5 dias de armazenamento.

Ambas cultivares acumularam  $H_2O_2$  no decorrer do armazenamento (Foto 1) e após 5 dias de armazenamento, a cultivar Catarina Amarela teve maior acúmulo quando comparada a Catarina Branca. Sendo esta também a cultivar que teve a maior atividade de peroxidase, enzima que usa  $H_2O_2$  como substrato e também a mais afetada pelo escurecimento. Alguns autores como Buschmann *et al.* (2000b) e Reilly *et al.* (2003) já associaram o acúmulo de  $H_2O_2$  ao processo de DF acreditando que a síntese desta espécie reativa de oxigênio seja em resposta a um stress ou como uma defesa contra ataque de patógenos que poderiam vir a atacar as raízes injuriadas durante a colheita.

Dentre os fatores estudados para o teor de carotenóides totais apenas a diferença



**Foto 1.** Detecção de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em fatias de raízes de mandioca (*M. esculenta*) das cultivares Catarina Amarela e Catarina Branca. Cada coluna dentro de cada cultivar apresenta as três regiões analisadas, cada bloco do lado esquerdo é antes da infiltração e do lado direito após a infiltração.

entra as cultivares foi significativa ( $P < 0.05$ ), sendo que a cultivar Catarina Amarela apresentou cerca de 10 vezes mais carotenóides totais (0,389 mg/100g) que a Catarina Branca (0,34 mg/100g), e após o armazenamento não houve alterações, com relação ao teor inicial. Essa diferença entre as cultivares é responsável pela diferença da cor da polpa discutida anteriormente sobre os dados do parâmetro  $L^*$ , pois sabe-se existir uma correlação entre o conteúdo de carotenóides e a cor amarela da polpa (Chávez *et al.*, 2005).

Beeching (2001) acredita que cultivares de mandioca com alto teor de carotenóides são menos suscetíveis ao processo de DF. Entretanto Reilly *et al.* (2003) sugerem que há um limiar superior a 5 mg/kg de massa fresca para que carotenóides desempenhem um papel na redução do desenvolvimento da DF. Neste estudo nenhuma das cultivares apresentou teores de carotenóides acima do limiar para ser efetivo no controle da DF.

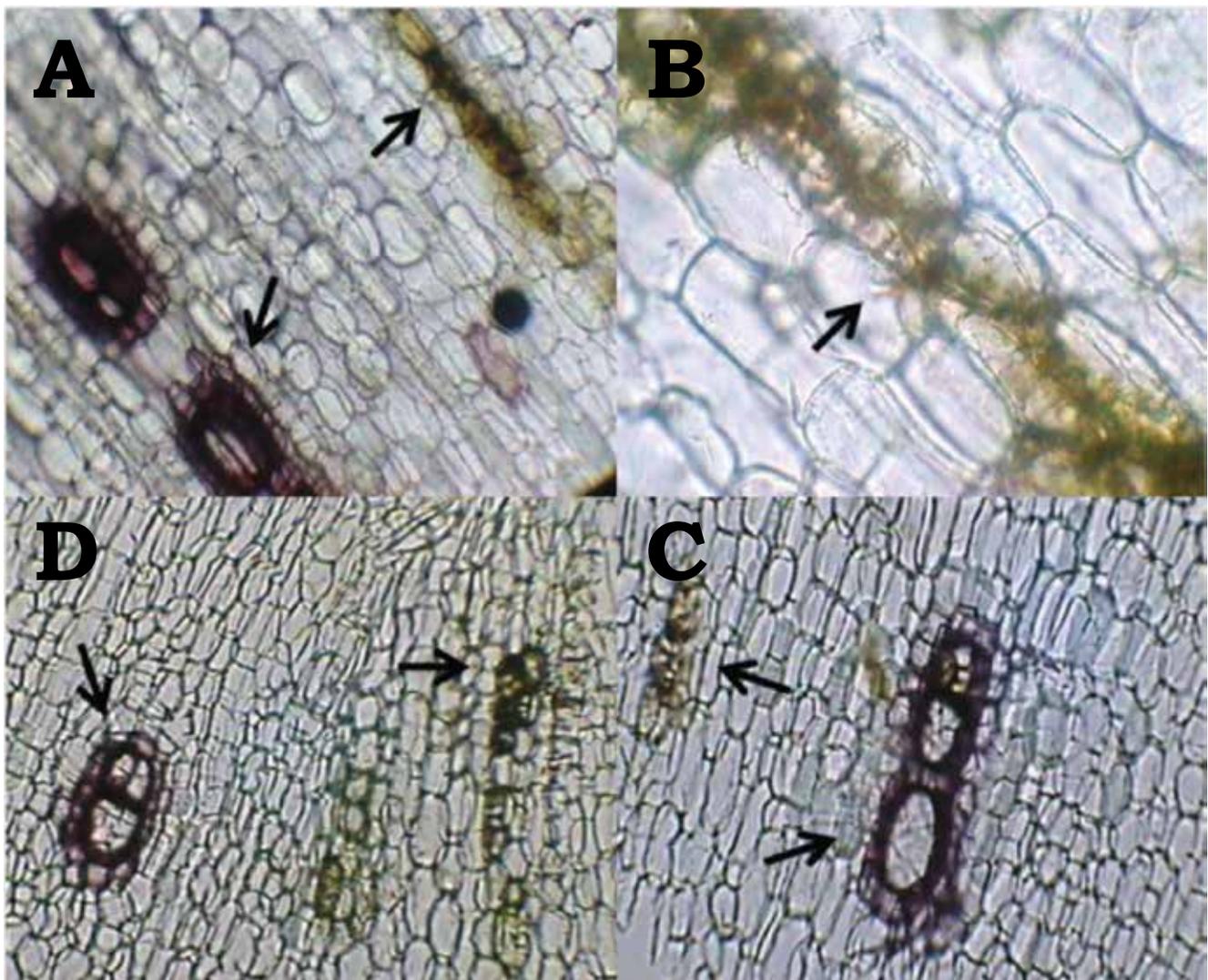
Com relação aos teores de celulose e lignina, dentre os fatores estudados a interação cultivar x tempo foi significativa ( $P < 0.05$ ) para ambos e inicialmente houve diferença entre as cultivares conforme mostra a Tabela 1. Após o armazenamento, não houve diferença se comparado ao teor inicial, assim como para celulose entre as cultivares. O teor de lignina teve tendência de acréscimo para ambas cultivares estudadas, mas significativo apenas para a cultivar Catarina Branca (Tabela 1). Quando comparadas as regiões dentro das cultivares, não houve diferença inicialmente, assim como, após o armazenamento, para os teores de celulose e lignina.

Raros são os estudos que avaliaram as alterações no teor de lignina e celulose durante o armazenamento de raízes de mandioca. Carvalho *et al.* (1988) observaram que durante o armazenamento houve uma tendência de decréscimo, entretanto não significativo quando comparado aos valores

iniciais para os teores de celulose. Para os teores de lignina também apresentaram uma tendência de decréscimo e após 7 dias de armazenamento apenas a cultivar IAC 12829 apresentou alteração significativa no teor de lignina aumentando de 0.12% para 0.16%.

Com relação às observações microscópicas não foram detectadas diferenças nas estruturas do parênquima das raízes tuberosas das cultivares. Após o armazenamento de 5 dias em ambas cultivares houve a formação de um pigmento escuro de coloração marrom-esverdeado entre as células do parênquima de reserva, correspondendo o aparecimento

destes precipitados às regiões que apresentavam escurecimento característico do processo de DF (Foto 2). A presença de pigmentos escuros já foram descritos em estudos microscópios do parênquima de reserva de raízes em processo de DF, como relatado por Beeching *et al.* (1998) e Buschmann *et al.* (2000a). Não foram observadas alterações no xilema primário de ambas cultivares após o armazenamento, levando a afirmar que o processo da DF ocorre principalmente na região periférica da raiz, não afetando o câmbio vascular (xilema primário).



**Foto 2.** Secção transversal do parênquima de reserva das raízes tuberosas de mandioca (*M. esculenta*) após 5 dias de armazenamento. (A) Xilema secundário e precipitado entre as células do parênquima de reserva da cultivar Catarina Amarela (100x) (B) precipitado entre as células do parênquima de reserva da cultivar Catarina Amarela (400x) (D e C) Xilema secundário e precipitado entre as células do parênquima de reserva da cultivar Catarina Branca (100x).

## Conclusão

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

## Agradecimentos

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos durante o Mestrado. Ao Dr. Moacyr E. Medri e Dra. Ana Paula F. R. L. Bracarense pelos ensinamentos e colaboração nas análises microscópicas.

## Referências

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1995. Approved methods of the american association of cereal chemists, Saint Paul: American Association of Cereal Chemists Approved Methods Committee. p. 98 - 99.
- Adom, K. K.; y Liu, R. 2002. Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 50(21):6182 - 6187.
- Beeching, J. R. 2001. Identifying target points for the control of post-harvest physiological deterioration in cassava. Relatório final do programa pós-colheita de culturas 2001. 31p. Disponível em: <http://www.dfid.gov.uk/r4d/PDF/Outputs/CropPostHarvest/R6983.pdf>. 10-06-11.
- Beeching, J. R.; Han, Y.; Gómez-Vásquez, R.; Day, R. C.; y Cooper, R. M. 1998. Wound and defense responses in cassava as related to post-harvest physiological deterioration. *Recent Adv. Phytochem.* 32:231 - 248.
- Buschmann, H.; Reilly, K.; Rodriguez, M. X.; Tohme, J.; y Beeching, J. R. 2000b. Hydrogen peroxide and flavan-3-ols in storage roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) during postharvest deterioration. *J. Agric. Food Chem.* 48(11):5522 - 5529.
- Buschmann, H.; Rodriguez, M. X.; Tohme, J.; y Beeching J.R. 2000a. Accumulation of hydroxycoumarins during post-harvest deterioration of tuberous roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Ann. Bot.* 86:1153 - 1160.
- Cagnon, J. R.; Cereda, M. P.; y Pantarotto, S. 2002. Glicosídeos cianogênicos da mandioca: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. En: Cereda, M. P. (Ed.). *Cultura de tuberosas amiláceas latino americanas*. Fundação Cargil, São Paulo, p. 83 - 99.
- Campos, A. D. y Carvalho, V. D. 1990. Deterioração pós-colheita de mandioca I Modificações no grau de deterioração fisiológica. *Pesq. Agropec. Bras.* 25(5):773 - 781.
- Carvalho, V. D.; Chagas, S. J.; y Costa, A. C. 1988. Alterações em alguns componentes estruturais das raízes durante o armazenamento pós-colheita de três cultivares de mandioca. *Rev. Bras. Mandioca* 7(2):73 - 77.
- Carvalho, V. D.; Chalfoun, S. M.; y Juste Jr., E. S. 1985. 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. *Rev. Bras. Mandioca* 4(1):79 - 85.
- Chávez, A. L.; Sánchez, T.; Jaramillo, G.; Bedoya, J. M.; Echeverry, J.; Bolanos, E. A.; Ceballos, H.; y Iglesias, C.A. 2005. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. *Euphytica* 143:125 - 133.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Faostat. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> 24-06-11.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012). Indicadores IBGE estatísticas da produção agrícola. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201105.p](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201105.p). 22 - 02 - 10.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant microtechnique*. Nueva York: McGraw-Hill Book Company. p. 523.
- Kato, M. S.; Carvalho, V. D.; y Corrêa, H. 1991. Efeito da poda na deterioração fisiológica, atividade enzimática e nos teores de compostos fenólicos em raízes de mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.* 26(2):237 - 245.
- Miranda, L. A. 2000. Características tecnológicas, agrônômicas e de qualidade de mandioca de mesa. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. 93p.
- Mizubuti, I. Y.; Pinto, A. P.; Pereira, E. S.; y Ramos, B. M. 2009. Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais. Londrina. Eduel. p. 113 - 125.
- Morante, N.; Sánchez, T.; Ceballos, H.; Calle, F.; Pérez, J. C.; Egesi, C.; Cuambe, C. E.; Escobar, A. F.; Ortiz, D.; Chávez, A. L.; y Fregene, M. 2010. Tolerance to postharvest physiological deterioration in cassava roots. *Crop Sci.* 50:1333 - 1338.
- Nogueira, J. N. y Silva, E. 1989. Efeito comparativo do calor, SO<sub>2</sub> e ácido ascórbico na atividade da polifenol oxidase e peroxidase de algumas frutas e hortaliças. *An. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros (ESALQ)* 46(2):453 - 471.
- Reilly, K.; Berna, D.; Cortes, D. F.; Gomez-Vazquez, R.; Thome, J.; y Beeching, J. 2007. Towards

- identifying the full set of genes expressed during cassava post-harvest physiological deterioration. *Plant Mol. Biol.* 64(1-2):187 - 203.
- Reilly, K.; Gómez-Vásquez, R.; Buschmann, H.; Tohme, J.; y Beeching, J. R. 2003. Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. *Plant Mol. Biol.* 53:669 - 685.
- Rodriguez-Amaya, D. B. y Kimura, M. 2004. Harvest plus handbook for carotenoid analysis. International Food Policy Research Institute and International Center for Tropical Agriculture. p. 35 - 36.
- Swain, T. y Hillis, W. T. 1959. The phenolic constituents of prunus domestica. *J. Sci. Food Agric* 10:135 - 144.
- Thordal-Christensen, H.; Zhang, Z.; Wei, Y.; y Collinge, D. B. 1997. Subcellular localization of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in plants. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation in papillae and hypersensitive response during the barley-powdery mildew interaction. *Plant J.* 11(6):1187 - 1194.
- Van Oirschot, Q. E.; O'Brien, G. M.; Dufour, D. D.; El-Sharkawy M. A.; y Mesa, E. 2000. The effect of pre-harvest pruning of cassava upon root deterioration and quality characteristics. *J. Sci. Food Agric.* 80:1866 - 1873.
- Wenham, J. E. 1995. Post-harvest deterioration of cassava: a biotechnology perspective. agriculture and consumer protection, Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/V4510E/V4510E00.htm>. 10-07-11.