

## ● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

# EFEITO DA REFRIGERAÇÃO E LAVAGEM NA DETERIORAÇÃO FISIOLÓGICA EM PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE MANDIOCA

\*Igor Souza Pereira<sup>1</sup>, Flávia de Oliveira Borges Costa Neves<sup>2</sup>,  
Oniones das Neves<sup>3</sup>, Sidney Fernandes Bandeira<sup>4</sup>

**RESUMO:** A mandioca é uma planta de importância alimentar, mas de elevada perecibilidade em pós-colheita que restringe seu potencial de mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-processamento (lavagem e refrigeração) na degradação fisiológica de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) variedade Castelinha. Foram realizados dois ensaios simultaneamente sendo um em temperatura ambiente (22°C) e outro sob refrigeração (3°C ±1) conduzidos em DIC no esquema fatorial (2X5), constituído por 2 formas de beneficiamento (lavada e não lavada) e 5 tempos de avaliação (24, 48, 72, 96 e 120 h após a colheita). A avaliação foi efetuada visualizando a área deteriorada nas fatias das raízes seccionadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Constatou-se deterioração fisiológica entre 48 a 72 h após a colheita quando as raízes foram mantidas sob temperatura ambiente. Nessas condições, a deterioração fisiológica observada nas raízes lavadas foi de quase três vezes superior àquelas raízes sem lavar. Não se constatou deterioração fisiológica até o final do período avaliado, quando as raízes foram conservadas sob refrigeração, lavadas ou não.

**Palavras-chave:** Azulamento. Conservação. *Manihot esculenta* Crantz.

# EFFECT OF REFRIGERATION AND WASHING IN CASSAVA ROOTS POSTHARVEST PHYSIOLOGICAL DETERIORATION

**ABSTRACT:** Cassava is a plant of food importance but have a very short shelf life that restricts its market potential. The objective of this work was to evaluate the effect of pre-processing (washing and refrigeration) on the postharvest physiological deterioration (PPD) of cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz) cultivated variety Castelinha. Two tests were carried out simultaneously, one at room temperature (22°C) and the other at low temperature (3°C ±1) conducted in a DIC experimental design in the factorial scheme (2X5), consisting of 2 forms of treatment (washed and not washed) and 5 evaluation times (24, 48, 72, 96 and 120 h after harvest). The evaluation was done visualizing the deteriorated area in the slices of the sectioned roots. Data were submitted to analysis of variance and regression. PPD was observed between 48 and 72 h after harvesting when the roots were kept at room temperature. Under these conditions, the physiological deterioration observed in washed roots was almost three times higher than those without washing on average. No physiological deterioration was observed until the end of the evaluated period, when the roots were kept under refrigeration, washed or not.

**Keywords:** Vascular streaking. Conservation. *Manihot esculenta* Crantz.

\* Autor para correspondência: [igor@iftm.edu.br](mailto:igor@iftm.edu.br)

1 Professor, Doutor em Fitopatologia, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM) campus Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. [igor@iftm.edu.br](mailto:igor@iftm.edu.br)

2 Engenheira Agrônoma graduada pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM) campus Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. [flavia\\_borges.costa@hotmail.com](mailto:flavia_borges.costa@hotmail.com)

3 Engenheiro Elétrico graduado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG. Brasil.

4 Engenheiro de Alimentos, Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM) campus Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. [sidneybandeira@iftm.edu.br](mailto:sidneybandeira@iftm.edu.br)

## INTRODUÇÃO

A mandioca destinada ao consumo de mesa é uma planta cultivada de 6 até 14 meses visando, principalmente, a produção de raízes para comercialização in natura. Estas devem apresentar características culinárias desejáveis ao consumo, como sabor adocicado, alto teor de massa seca, pouca fibra, reduzido tempo de cozimento, superfície uniforme e sem deformações (AGUIAR et al., 2011).

Um dos principais obstáculos para a comercialização da mandioca in natura é a alta perecibilidade das raízes, pois quando armazenada à temperatura ambiente, possuem uma vida-de-prateleira restrita (HENRIQUE et al., 2010). A deterioração fisiológica em pós-colheita (DFPC) limita a expansão dessa cultura pela necessidade do rápido processamento ou consumo, pois promove o aparecimento de pontos escuros que depreciam as raízes tanto para consumo, como para a indústria. Tais alterações ocorrem pelo acúmulo inicial das hidroxycoumarinas após a colheita da raiz e posterior processo de oxidação, levando ao seu escurecimento (BUSCHMANN et al., 2000).

Os danos fisiológicos primários das raízes de mandioca, como escurecimento e amolecimento da polpa, manifestam-se de 24 a 72 horas após a colheita (WHEATLEY; FERNÁNDEZ, 1987). Estes danos são importantes para a mandioca de mesa, pois altera a aparência do produto, que é um atributo de qualidade essencial para os consumidores (LORENZI, 2003; PEREIRA; PEREIRA, 2015). Por outro lado, os danos secundários, caracterizados por alterações microbiológicas, ocorrem do quinto ao sétimo dia após a colheita e são mais importantes para a mandioca destinada à indústria (WHEATLEY; FERNÁNDEZ, 1987).

Alguns fatores aumentam o processo do escurecimento enzimático em raízes de mandioca in natura, como a disponibilidade de oxigênio ao tecido, a perda de água, a oxidação de compostos fenólicos e a elevação da atividade enzimática de catalase, peroxidase e superóxido dismutase (ZIDENGA et al., 2012).

Uma alternativa para minimizar as perdas por deterioração pós-colheita tem sido o emprego de técnicas de conservação in natura de raízes frescas (SARGENT et al., 1995; HENRIQUE et al., 2010). São diversas as técnicas de preservação de raízes de mandioca e elas devem ser escolhidas de acordo com o contexto socioeconômico de sua exploração e com a sua forma de utilização. Entre as principais técnicas de conservação da mandioca in natura estão a seleção de variedades geneticamente resistentes (MORANTE et al., 2010), a conservação das raízes na terra (LORENZI, 2003) e armazenamento sob refrigeração (BEZERRA et al., 2002). O emprego de refrigeração a uma temperatura entre 0 e 5°C mantém a velocidade de degradação mais lenta, mas não paralisa as alterações.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-processamento (lavagem e refrigeração) na degradação fisiológica de raízes de mandioca variedade Castelinha.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – *Campus* Uberlândia, onde a temperatura e umidade relativa médias em julho de 2017 foram de 22°C e 71,2%, respectivamente.

As raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) da variedade Castelinha, com oito meses, cultivadas na Unidade de Ensino e Produção de Olericultura, foram coletadas manualmente, acondicionadas em caixas plásticas e imediatamente transportadas para o Laboratório de Agroindústria Vegetal. Em seguida, as raízes foram visualmente selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam injúrias mecânicas, ataques por patógenos e pragas e deformações observáveis resultantes da colheita e no transporte.

O experimento foi conduzido em dois ensaios, que se diferenciou pelas condições de armazenamento das raízes recém-colhidas. No ensaio 1, as raízes, armazenadas em caixas plásticas, foram conservadas sob refrigeração em câmara fria (3°C ±1). No ensaio 2, as raízes foram conservadas em condições ambientais (22°C de temperatura média e 71,2% de umidade relativa).

Os ensaios foram conduzidos seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial (2 X 5), constituído por 2 formas de pré-processamento em pós-colheita (raízes lavadas em água corrente com o uso de esponja e raízes não lavadas) com 8 repetições e 5 tempos de avaliação (24, 48, 72, 96 e 120 h após a colheita). Cada repetição foi composta por uma raiz de mandioca.

As avaliações de deterioração foram realizadas visualmente, utilizando-se a metodologia proposta por Wheatley e Fernández (1987). Para cada parcela, composta por uma raiz, fez-se a estimativa da área degradada, aplicando-se notas numa escala de zero (ausência de deterioração) a cinco (100% de deterioração). As notas obtidas foram transformadas em porcentagem de área degradada e submetidos aos testes de normalidade dos erros e de homocedasticidade de variâncias, respectivamente por meio dos testes de Shapiro-Wilks e Bartlett. Os dados foram também submetidos à análise de variância empregando o software Sisvar® (FERREIRA, 2008) e, se encontrada significância pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade, foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott e à análise de regressão. Os gráficos foram gerados utilizando-se o programa computacional Excel for Windows®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A DFPC é um problema considerável para a produção de mandioca no qual se estima perdas econômicas que variam de 5% a 25% do rendimento potencial total dessa cultura na África (ZIDENGA et al., 2012). Diante disso, várias estratégias de controle vêm sendo empregadas para a redução do DFPC na mandioca. Sugere-se a colheita parcelada, com vistas a minimizar as restrições de armazenamento, no entanto, a manutenção das raízes

no campo por um período prolongado pode afetar a qualidade e o sabor, além do endurecimento das mesmas. Outra estratégia sugerida seria a exclusão de oxigênio, com a utilização de cobertura com cera porém tem uso restrito para pequenos produtores devido ao alto custo de aplicação.

O processo da DFPC inicia com o aparecimento de estrias azuladas nos tecidos vasculares, seguido pelo escurecimento dos tecidos parenquimáticos das raízes de mandioca (BUSCHMANN et al., 2000). Esse

processo é decorrente dos danos mecânicos que ocorrem durante as operações de colheita e pós-colheita, oriundos do rompimento de pontas e bases das raízes, do impacto decorrente do arranquio manual e acondicionamento em caixas.

Nesse trabalho, foi possível verificar visualmente a ocorrência da DFPC das raízes de mandioca da variedade Castelinha e o aumento da intensidade, decorrente da expansão da área degradada com aspecto azulado conforme pode-se verificar no Quadro 1.

**Quadro 1.** Avaliação visual de DFPC em raízes de mandioca (*M. esculenta*) em 5 tempos de avaliação (24, 48, 72, 96 e 120 h após a colheita), armazenadas sob temperatura ambiente e sob refrigeração. Uberlândia, Minas Gerais, julho 2017.

Tempo de avaliação	Não lavada sob temperatura ambiente	Lavada sob temperatura ambiente	Não lavada sob refrigeração	Lavada sob refrigeração
24 h				
48 h				
72 h				
96 h				
120 h				

Fonte: Próprio autor.

No ensaio 1, em que as raízes foram conservadas sob refrigeração ( $3^{\circ}\text{C} \pm 1$ ), não foi possível visualizar a degradação fisiológica até o último dia de avaliação (120 h). Diante disso, constata-se a influência da temperatura na conservação de raízes de mandioca da variedade estudada.

A degradação fisiológica em pós-colheita de mandioca é normalmente afetada por fatores ambientais tais como temperatura, umidade e oxigênio. A manipulação desses fatores pode atrasar ou acelerar esse processo. Por exemplo, armazenamento a  $10^{\circ}\text{C}$  e umidade de 80%, associado ao manuseio cuidadoso, para evitar ocorrência de danos físicos pode atrasar a degradação fisiológica significativamente (ZIDENGA et al., 2012). Isso se deve a uma redução na atividade das enzimas envolvidas na degradação.

Segundo Ceballos et al. (2007), o armazenamento de raízes em temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 80% pode atrasar a ocorrência da degradação em 2 semanas comparado ao armazenamento em temperatura de 20 a  $30^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa entre 65 e 80%, que tem início entre 24 e 48 horas após a colheita.

Opostamente, no ensaio 2, em que se conservou as raízes em temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}$ ), houve alteração fisiológica observada visualmente. Os dados obtidos não atenderam às pressuposições de normalidade dos erros e de homocedasticidade de variâncias de acordo com os testes aplicados, sendo necessária a transformação de dados utilizando-se a raiz quadrada de  $Y+1$ . Pela análise de variância da porcentagem média de área de raiz com DFPC, foi possível constatar efeito significativo na interação entre o método de pré-processamento (lavagem ou não) em pós-colheita e o tempo de armazenamento, pelo teste de F a 5% de probabilidade.

A DFPC observada nas raízes lavadas foi de quase três vezes superior àquelas raízes sem lavar em média, sendo diferentes estatisticamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Porcentagem média de área de raiz com DFPC de mandioca (*M. esculenta*) variedade Castelinha armazenadas em temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}$ ). Uberlândia, Minas Gerais, julho 2017.

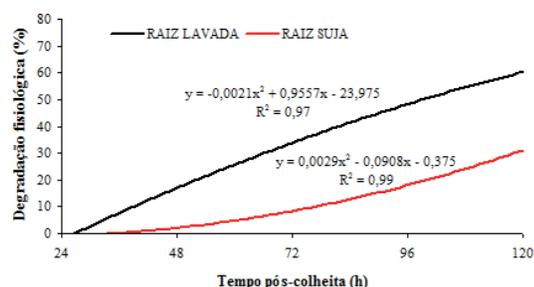
Tratamentos	Tempo de armazenamento (h)					Média
	24	48	72	96	120	
Raiz sem lavar (%)	0,0 Aa	0,0 Aa	14,4 Ab	22,5 Ac	34,4 Ad	11,7 A
Raiz lavada (%)	0,0 Aa	11,3 Bb	37,7 Bc	49,0 Bd	59,4 Be	31,5 B
CV (%)	17,5					

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e por letras minúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade.

**Fonte:** Próprio autor.

Observou-se em raízes lavadas que a DFPC iniciou nas primeiras 48 horas, enquanto que nas raízes sem lavar, o início da degradação fisiológica ocorreu entre 48 e 72 h. Foi possível observar o incremento dessa degradação até a última avaliação com 120 h de armazenamento. Esse incremento obedeceu ao modelo quadrático que melhor se ajustou aos dados obtidos (Figura 1).

**Figura 1.** Curva de regressão da DFPC de mandioca (*M. esculenta*) conservada em temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}$ ) em função de cinco tempos de avaliação (24, 48, 72, 96 e 120 h) em pós-colheita. Uberlândia, Minas Gerais, julho 2017.



**Fonte:** Próprio autor.

Nas raízes submetidas à lavagem em água corrente, ocorreu maior exposição da casca ou súber da raiz ao ambiente externo, levando ao rápido aparecimento de estrias vasculares azuladas, enquanto que a presença de terra aderida à casca nas raízes não lavadas promoveu proteção contra a DFPC até as primeiras 48 horas de armazenamento. Entretanto, após 72 h de armazenamento ocorreu um rápido processo de DFPC no tecido vegetal das raízes não lavadas e armazenadas em temperatura ambiente.

A degradação fisiológica foi superior nas raízes lavadas comparadas às raízes não lavadas em todas as avaliações realizadas. Estes resultados corroboram com Guimarães et al. (2002) e Alves et al. (2005) no qual verificaram que aos 6 e 8 dias, as mandiocas apresentaram um escurecimento de 15 a 25%. A manutenção da terra aderida às raízes em pós-colheita, atua provavelmente reduzindo-se a permeabilidade ao oxigênio, semelhante aos resultados encontrados por Carvalho et al. (2010) ao fazerem a cobertura de raízes de mandioca com parafina em que verificaram redução da atividade de enzimas oxidativas (peroxidases e polifenoloxidases).

Sabe-se que o aumento da atividade de enzimas como catalase, peroxidase e superóxido dismutase as quais modulam os níveis de ROS, são peças-chave para a ocorrência da DFPC na mandioca (ZIDENGA et al., 2012). Destaca-se ainda que o teor de umidade nas raízes influencia no acréscimo da resistência à DFPC segundo Van Oirschot et al., (2000).

## CONCLUSÃO

A lavagem de raízes em água corrente e a sua manutenção em temperatura ambiente favoreceu a degradação fisiológica em pós-colheita das raízes de mandioca da variedade Castelinha com sua ocorrência observada visualmente com 48 horas após a colheita.

A não realização de lavagem de raízes de mandioca da variedade Castelinha retardou o tempo de ocorrência da degradação fisiológica em pós-colheita em 72 horas.

Não se constatou degradação fisiológica em pós-colheita das raízes de mandioca da variedade Castelinha até o final do período avaliado (120 h), quando as raízes foram conservadas sob refrigeração ( $3^{\circ}\text{C}$ ), lavadas ou não.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. B. et al. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 561-569, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300011>>. Acesso em: 16 out. 2018.
- ALVES, A. et al. Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 330-337, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000200009>>. Acesso: 16 out. 2018.
- BEZERRA, V. S. et al. Processamento mínimo em mandioca: alterações na qualidade e componentes nutricionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 2002. CD-ROM.
- BUSCHMANN, H. et al. Accumulation of hydroxycoumarins during post-harvest deterioration of tuberous roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Annals of Botany**, London, GB, v. 86, n. 6, p. 1153-1160, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1285>>. Acesso em: 10 out. 2019
- CARVALHO, A. V. et al. Efeito da aplicação de tratamentos pós-colheita na conservação de raízes de mandioca. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 74**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 17p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/883917/1/BPD74.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- CEBALLOS, H. et al. 2007. Cassava genetic improvement. p. 365-391. In M.S. Kang and P.M. Priyadarshan (ed.). **Breeding major food staples**. Blackwell Publ., Ames, IA.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, [S.l.], v.6, p.36-41, 2008.
- GUIMARÃES, H. M. A. et al. Deterioração pós-colheita da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) mansa da cultivar cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: [s.n.], 2002. CD-ROM.
- HENRIQUE, C. M.; PRATI, P.; SARMENTO, S. B. S. Alterações fisiológicas em raízes de mandioca minimamente processadas. **Pesquisa & Tecnologia**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 1-7, 2010.
- LORENZI, J. O. Mandioca. **Boletim Técnico n. 245**, Campinas: CATI, 2003. 110p.
- MORANTE, N. et al. Tolerance to postharvest physiological deterioration in cassava roots. **Crop Science**, [S.l.], v. 50, n. 4, p. 1333-1338, 2010.
- PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M.T. Caracterização do mercado consumidor de mandioca de mesa in natura em Conceição do Araguaia (Pará). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2410-2417, 2015. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/ciencias%20sociais/Caracterizacao%20do%20mercado%20consumidor.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2019.
- SARGENT, S. A.; CÔRREA, T. B. S.; SOARES, A. G. Application of postharvest coatings to fresh cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz.) for reduction of vascular streaking. In: HARVEST AND POSTHARVEST TECHNOLOGIES FOR FRESH FRUITS AND VEGETABLES INTERNATIONAL CONFERENCE, 1995, Guanajuato. **Proceedings...** Guanajuato: American Society of Agricultural Engineers, p. 331-338, 1995.
- VAN OIRSCHOT, Q.E.A. et al. The effect of pre-harvest pruning of cassava upon root deterioration and quality characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 80, n. 13, p. 1866-1873, 2000.
- WHEATLEY, C.C.; FERNÁNDEZ F. O. **Conservación de raíces de yuca en bolsas de polietileno**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987.
- ZIDENGA, T. et al. Extending cassava root shelf life via reduction of reactive oxygen species production. **Plant Physiology**, [S.l.], v. 159, n. 4, 1396-1407. 2012. Disponível em: <[doi.: https://doi.org/10.1104/pp.112.200345](https://doi.org/10.1104/pp.112.200345)>. Acesso em 31 maio 2019.