

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A ATIVIDADE DE ENZIMAS OXIDATIVAS EM *Hancornia speciosa* GOMES

*Luciana Cristina Vitorino*¹, *Lígia Campos de Moura*², *Clarice Megguer*³, *Kênia Borges de Oliveira*², *Diogo Cunha Furtado*²

¹ IFGoiano, Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil; lu.vitorino@hotmail.com; ² Bolsista de Iniciação Científica - CNPq, IFGoiano, Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, 75901-970, Rio Verde, Goiás, Brasil; ³ IFGoiano, Campus Morrinhos, Rodovia BR-153, km 633, Zona Rural. Caixa Postal 92, 75650-000, Morrinhos, Goiás, Brasil.

A espécie *Hancornia speciosa* Gomes é uma frutífera nativa do Brasil sobre a qual tem crescido o interesse por parte da indústria de polpas, sucos e sorvetes. A perda rápida das características apreciáveis desse fruto está associada à atividade de enzimas oxidativas como a peroxidase e a polifenoloxidase. Neste trabalho foi quantificada a atividade dessas duas enzimas na polpa de frutos de mangaba submetida a três temperaturas de refrigeração (6, 10 e 18°C) em função de diferentes tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias). Os níveis de peroxidase (POD) na polpa dos frutos de mangaba foram sempre superiores aos de polifenoloxidase (PPO) para as três temperaturas testadas, em todos os tempos de armazenamento estudados. Para cada enzima em particular, não foi detectada diferença na atividade de peroxidase (POD) ou de polifenoloxidase (PPO) entre as temperaturas testadas e ao desdobrar-se o tempo dentro de cada temperatura testada, foi encontrada uma correlação de 0,035, para a atividade de PPO.

Palavras-chave: peroxidase, polifenoloxidase, mangaba.

Influence of temperature and time of storage on the activity of the oxidative enzymes in *Hancornia speciosa* Gomes. The species *Hancornia speciosa* is a native fruit of Brazil over which it has been growing interest by industry of the pulps, juices and ice cream. The rapid loss of the appreciable features of this fruit is associated with the activity of oxidative enzymes such as peroxidase and polyphenol oxidase. In this study we quantified activity of these two enzymes in the fruits pulp of the mangaba subjected to three refrigeration temperatures (6, 10 and 18 °C) for different storage times (0, 3, 6, 9, 12 and 15 days). Levels of peroxidase (POD) in the pulp mangaba were always higher than the polyphenol oxidase (PPO) for the three temperatures tested, for all storage periods studied. Analyzing each particular enzyme, no difference was detected in the activity of peroxidase and polyphenol oxidase between the temperatures tested and unfold the time within each temperature tested, found a correlation of 0.035 for the polyphenol oxidase activity.

Key words: peroxidase, polyphenol oxidase, mangaba.

Introdução

A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) da família Apocynaceae, é uma frutífera de clima tropical, nativa do Brasil. Ela é encontrada em várias regiões do País, pois vegeta espontaneamente, desde os cerrados da Região Centro-Oeste, até as Regiões Norte e Sudeste (Vieira Neto, 1994), mas segundo estudo de Naves (1999) com fruteiras nativas do cerrado em Goiás, as áreas de ocorrência natural dessa espécie e de outras estudadas, estão sofrendo intenso processo de antropização, o que se constitui em um fator limitante para a exploração dessa espécie. Outro fator limitante são os poucos estudos realizados com a cultura (Franco et al., 2008). O fruto dessa espécie possui sabor e aroma incomparáveis, sendo grandemente explorado, sobretudo pelas indústrias de polpas, sucos e sorvetes (Silva Junior, 2004), mas por outro lado, são altamente perecíveis, apresentando reduzida vida útil pós-colheita (Campos et al., 2011).

A utilização de tecnologias pós-colheita pode viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e de pequenas comunidades rurais, através do aumento do período de comercialização dos frutos, com melhor aproveitamento da produção e agregação de valor, além de incentivar o consumo de alimentos regionais com potencial valor nutritivo e funcional (Campos et al., 2012). Uma das técnicas mais eficientes e econômicas para se aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas é o armazenamento à baixa temperatura (Carnelossi et al., 2004), visto que esta afeta dramaticamente as taxas de reações metabólicas (Cortez et al., 2002), interferindo em processos vitais, como respiração, produção de calor, maturação, produção de etileno, perda de massa e firmeza (Chitarra e Chitarra, 2005). No trabalho de Damiani (2008) temperaturas de 0°C e 5°C foram eficazes na manutenção da qualidade de pequis. O armazenamento refrigerado proporcionou maior período de conservação pós-colheita em caqui (Brackmann et al., 2003) e em goiaba 'Kumagai' (Morgado et al., 2010) e menor perda da viabilidade em manga (Dollhojo et al., 2009).

Alterações no conteúdo e na reatividade enzimática podem ocorrer durante o armazenamento (Detoni et al., 2005). Dessas reações depende não só a formação de compostos altamente desejáveis (Luíz et al., 2007),

mas também o acúmulo de substâncias que comprometem a qualidade do fruto. O escurecimento observado quando a maioria das frutas e dos vegetais é amassada, cortada ou triturada, é oriundo de reações catalisadas pela enzima polifenoloxidase (PPO). A ação dessa enzima em várias frutas e vegetais *in natura* acarreta perdas econômicas consideráveis, além de diminuição da qualidade nutritiva e alteração do sabor (Valero et al., 1988; Araújo, 1999). A peroxidase age sobre as substâncias que produzem cores vivas na oxidação, mas ela pode promover uma grande variedade de reações de biodegradação e com isso apresenta um alto grau de alterações (Luíz et al., 2007). De modo geral, é admitido que a temperatura e o tempo de armazenamento afetam significativamente o escurecimento e a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase (Menolli et al., 2008). Portanto esse trabalho teve como objetivo conhecer a influência de três temperaturas de refrigeração (6, 10 e 18°C) em função de diferentes tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), sobre a atividade na polpa de frutos de mangaba obtidos em área de cultivo doméstico.

Material e Métodos

Os procedimentos foram desenvolvidos no laboratório de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO e no laboratório de Ecofisiologia dessa mesma Instituição.

1. Obtenção do material vegetal

Os frutos de mangaba foram obtidos na Fazenda Jatobá, localizada na região do município de Caçu-GO (18°33'S e 51°08'W), uma área de cultivo doméstico da espécie. As bagas foram colhidas diretamente das árvores, com o auxílio de coletor de frutos, sendo acondicionadas em uma caixa térmica de isopor e conduzidas ao laboratório, para seleção e tratamento com hipoclorito de sódio a 2% (Figura 1 - A1). Posteriormente os frutos foram embalados em bandeja de isopor, recobertos com filme PVC (espessura de 15µ) e acondicionados em BODs (Tecnal TE-371) reguladas digitalmente para as temperaturas testadas.

2. Obtenção e preparo das amostras

Para cada amostra, foram retiradas dois gramas de polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, esta amostra foi congelada em nitrogênio líquido e mantida em Ultrafreezer Terroni (-80°C), até a avaliação da atividade das enzimas. Para isso, a polpa congelada foi homogeneizada à temperatura máxima de 4°C em 10 mL de tampão fosfato 0,05 M (pH 7,0), contendo 1 mg de polivinilpirrolidona-10 (Figura 1 - A2). O homogeneizado foi filtrado e centrifugado a 4000 g por 20 minutos em refrigeração, e o precipitado sedimentado descartado. O extrato bruto foi acondicionado em gelo e, posteriormente, usado como fonte enzimática para peroxidase (POD) e para polifenoloxidase (PPO). Toda vidraria utilizada na manipulação do extrato foi deixada anteriormente em freezer a 18°C negativos, por pelo menos 4 horas, sendo também mantida em banho de gelo durante todo o processo, com o objetivo de evitar alguma atividade da enzima.

3. Avaliação da atividade da peroxidase

Em um tubo, foram colocados 2,5 mL de tampão fosfato-citrato contendo solução de fosfato de sódio dibásico 0,2 M e ácido cítrico 0,1 M, pH 5,0; 1,5 mL de extrato enzimático; e 0,25 mL de guaiacol a 0,5%, sendo

misturados em vortex. Em seguida, foi adicionado a esta mistura 0,25 mL de OH a 3% e, novamente, misturados em vortex. Esta mistura foi incubada a 30°C por 15 minutos. Após a incubação, o tubo foi colocado em banho de gelo sendo adicionado a esta mistura 0,25 mL da solução de meta bissulfito de sódio a 2%. Após agitação em vortex, o tubo foi deixado em repouso por 10 minutos (Figura 1 - B). A leitura de absorbância foi em 450 nm, em espectrofotômetro. Como controle para a reação enzimática, utilizou-se água. A atividade da enzima é expressa em unidade enzimática (UE). Uma unidade da enzima é definida como a quantidade de extrato enzimático que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidade por minuto.

4. Avaliação da atividade da polifenoloxidase

Em um tubo, foram colocados 3,6 mL de tampão fosfato 0,05 M, pH 6,0; 1 mL do extrato enzimático; 0,1 mL de catecol 0,1 M; em seguida misturados em vortex por quinze segundos. Esta mistura foi incubada em banho de água a 30°C, por 30 minutos. Após isto, o tubo contendo a mistura foi transferido para um banho de gelo e adicionado de 0,2 mL de ácido perclórico a 1,4%. Após agitação em vortex, o tubo foi deixado em repouso por 10 minutos (Figura 1 - C). A leitura de absorbância foi realizada em 395 nm, em espectrofotômetro. Como controle para a reação

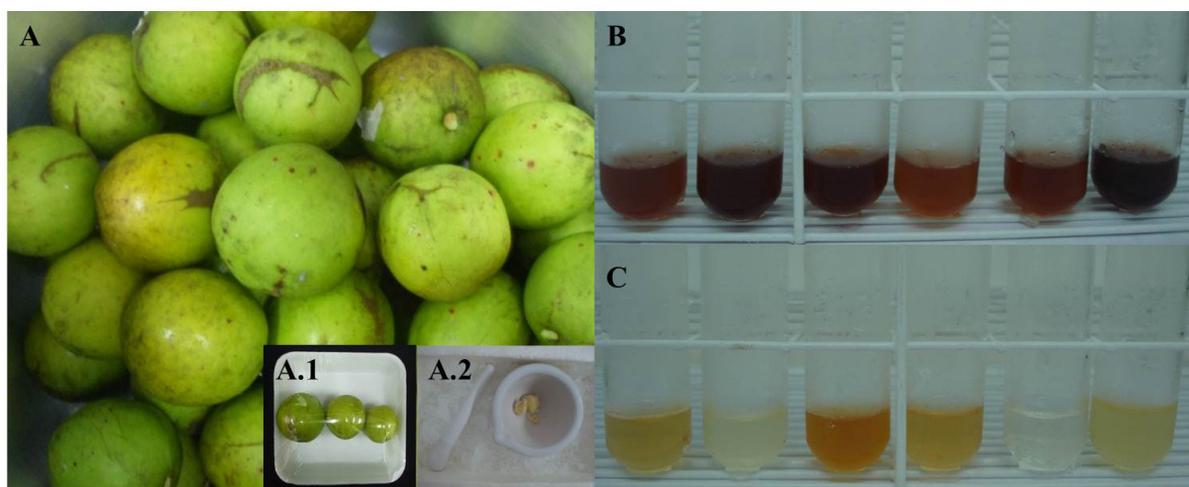


Figura 1. Procedimentos metodológicos utilizados na determinação da atividade de POD e PPO na polpa de frutos de *Hancornia speciosa* Gomes. (A) Frutos após sanitização; (A.1) Repetição pronta para submeter-se à refrigeração; (A.2) Maceração das amostras em banho de gelo; (B) Diferentes padrões de atividade de peroxidase encontrados nas amostras; (C) Diferentes padrões de atividade de polifenoloxidase encontrados nas amostras.

enzimática, o extrato enzimático foi substituído por água. A atividade da enzima foi expressa em unidade enzimática (UE).

5. Delineamento experimental

A atividade das enzimas foi quantificada em delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada tratamento foi avaliado em cinco repetições, cada repetição constituindo de três frutos. As médias da atividade de peroxidase e polifenoloxidase na polpa dos frutos foram submetidas a análises de variância e de regressão e comparadas pelo teste tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software SISVAR (Ferreira, 2003).

Resultados e Discussão

Os níveis de peroxidase na polpa dos frutos de mangaba foram sempre superiores aos de polifenoloxidase para as três temperaturas testadas, para todos os tempos de armazenamento analisados, sendo que foi observada média geral de 5,27 UE min mg^{-1} ($\pm 0,25$ – erro padrão da média) para peroxidase e 1,16 UE min mg^{-1} ($\pm 0,05$ – erro padrão da média)

para polifenoloxidase. Os frutos de mangaba analisados não apresentavam ferimentos ou cortes que pudessem estimular a atividade das enzimas oxidativas. Os valores de peroxidase encontrados nesse trabalho indicam que a mangaba é uma espécie sensível ao frio (Figura 2), visto que esta é considerada uma enzima de estresse estimulada por baixas temperaturas (El-Hilari et al., 2003; Kuk et al., 2003). Nessas condições, há aumento desordenado na taxa respiratória, causando a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS). Em resposta, tem-se uma exacerbação da atividade da peroxidase, na tentativa de reduzir os danos causados por ROS, como o peróxido de hidrogênio (Salisbury e Ross, 1992). Por outro lado, a alta atividade de polifenoloxidase encontrada na polpa dos frutos de mangaba, também pode ser explicada pela sensibilidade às baixas temperaturas (Figura 2), pois estas promovem injúrias e induzem os tecidos a estresse oxidativo (Purvis e Shewfelt, 1993). Sob estresse, as polifenoloxidases catalisam a oxidação de o-difenóis, presentes nos tecidos das frutas, produzindo inicialmente quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos insolúveis e escuros, denominados melanina, ou reagem não-enzimaticamente com aminoácidos, proteínas ou outros compostos (Araújo, 1990).

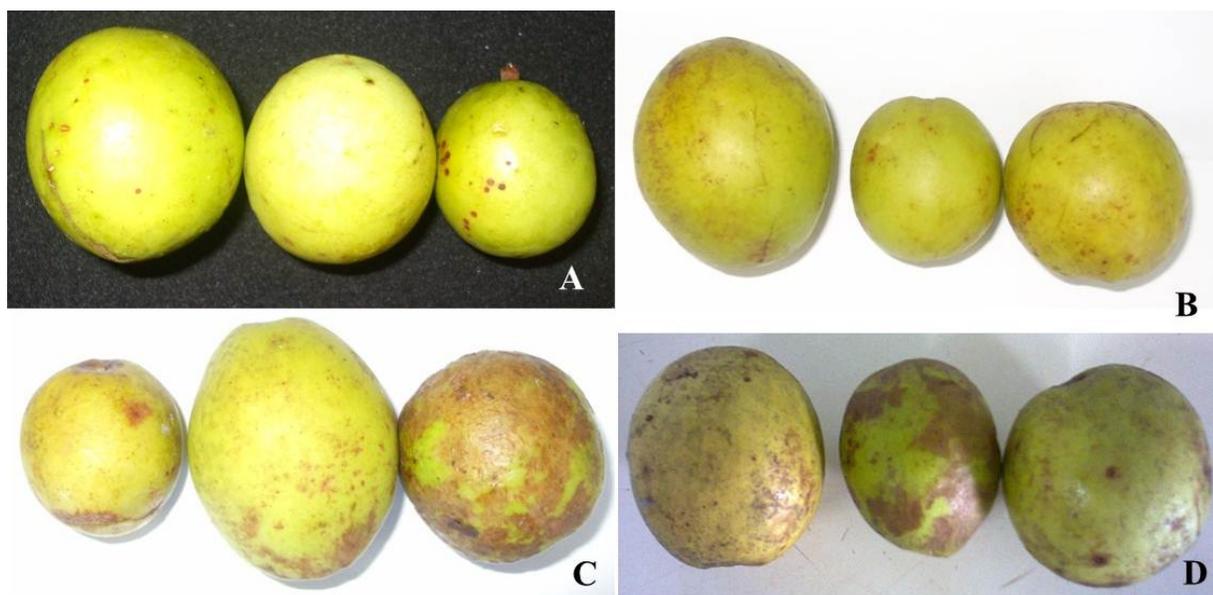


Figura 2. Injúria por frio, induzida pelo armazenamento de frutos de *Hancornia speciosa* Gomes a 10°C, pelo período de (A) 6, (B) 9, (C) 12 e (D) 15 dias.

Para a atividade de peroxidase e polifenoloxidase na polpa de frutos de mangaba submetidos a diferentes temperaturas e tempos de armazenamento, foi encontrado um comportamento cúbico, sendo que os modelos foram escolhidos baseando-se nos maiores coeficientes de determinação (Figura 3).

Analisando-se cada enzima em particular, não foi detectada diferença na atividade de peroxidase ou de polifenoloxidase entre as temperaturas testadas. Ao desdobrar-se as temperaturas dentro de cada tempo avaliado, não foi encontrada significância para a atividade de nenhuma das enzimas, mas ao desdobrar-se o tempo dentro de cada temperatura testada, foi encontrada uma correlação de 0,035, para a atividade de polifenoloxidase. A Tabela 1 indica as divergências obtidas ao se comparar as médias dos diferentes tratamentos testados.

Ao 12º dia de armazenamento, os frutos armazenados à temperatura de 6°C, apresentaram a menor atividade para peroxidase. Já para polifenoloxidase, a temperatura de 18°C ao 3 e 9º dia de armazenamento, a atividade dessa enzima na polpa foi reduzida (Tabela 1). Vários trabalhos sugerem que a atividade das enzimas oxidativas aumenta com em função do tempo de armazenamento (Menolli et al., 2008), contudo, no presente trabalho não se confirma esse pressuposto. Talvez uma alternativa para a inativação dessas enzimas na polpa extraída de frutos de mangaba, seja a utilização de tratamento térmico, visto que este mostra eficiência para a polpa de um grande número de frutos já testados, como abacate (Luíz et al., 2007), araticum (Silva, et al., 2009) e outros. Outra alternativa seria a utilização de atmosfera modificada (Pineli et al., 2005), ou de inibidores químicos. A aplicação de atmosfera modificada ativa ou passiva com baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂ contribui para o controle do escurecimento e outros processos degradativos do produto, uma vez que reduz

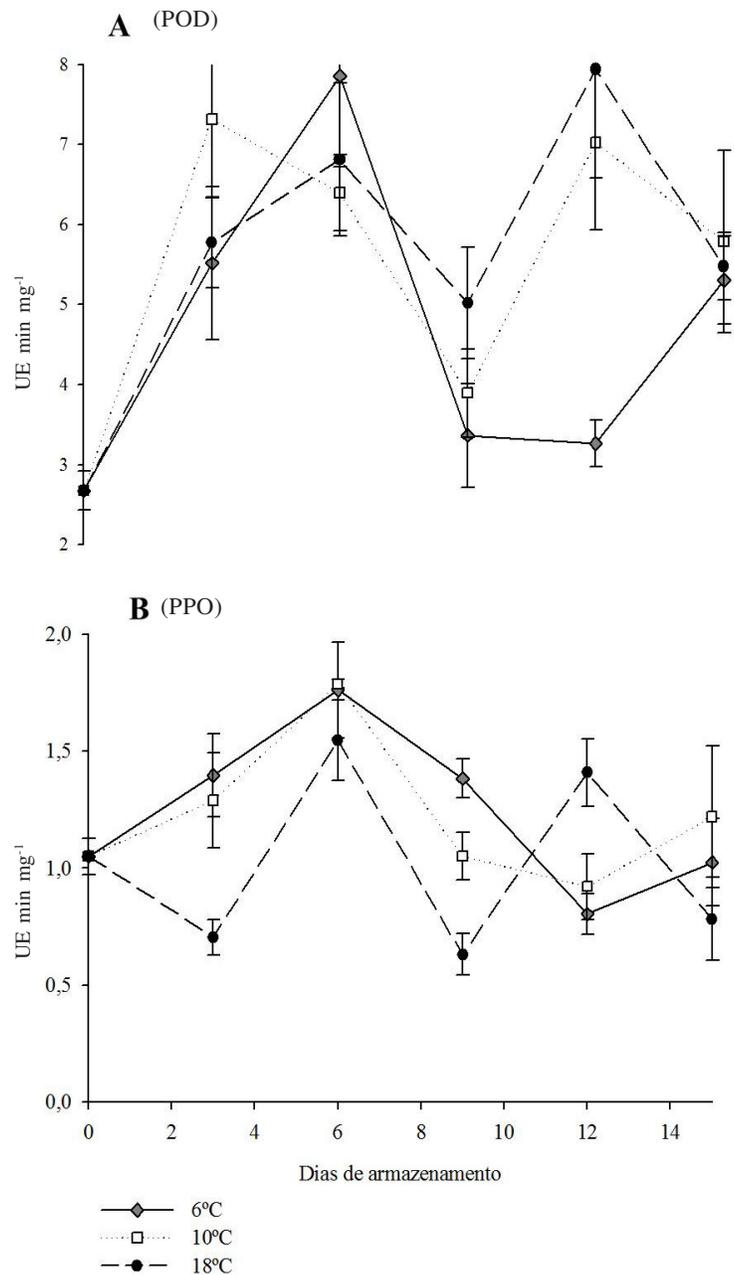


Figura 3. Modelo de pontos proposto para a atividade das enzimas A - Peroxidase e B - Polifenoloxidase na polpa de frutos de *Hancornia speciosa* Gomes, em função de três temperaturas (6, 10 e 18°C) e do tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), sendo que: POD (6°C - $y = 0,0161x^3 - 0,3892x^2 + 2,411x + 2,4074$, $R^2 = 0,7671$; 10°C - $y = 0,0095x^3 - 0,2391x^2 + 1,6754x + 3,0944$, $R^2 = 0,494$; 18°C - $y = 0,0021x^3 - 0,0865x^2 + 1,0351x + 2,9061$, $R^2 = 0,6364$); PPO (6°C - $y = 0,0019x^3 - 0,0514x^2 + 0,3432x + 0,9836$, $R^2 = 0,8071$; 10°C - $y = 0,0022x^3 - 0,0535x^2 + 0,3255x + 0,9816$, $R^2 = 0,6286$; 18°C - $y = -0,0009x^3 + 0,0168x^2 - 0,0622x + 1,004$, $R^2 = 0,9056$).

Tabela 1. Atividade das enzimas Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) na polpa de frutos de *Hancornia speciosa* Gomes, em função de três temperaturas (6, 10 e 18°C) e do tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias)

Enzima	Armazenamento (dias)	6°C	10°C	18°C
POD (UE min g ⁻¹)	0	2,67 ± 0,24* Ab**	2,66 ± 0,24 Ab	2,674 ± 0,24 Ab
	3	5,52 ± 0,95 Aab	7,32 ± 0,97 Aa	5,77 ± 0,56 Aab
	6	7,86 ± 1,14 Aa	6,40 ± 0,47 Aab	6,81 ± 0,95 Aab
	9	3,37 ± 0,65 Ab	3,90 ± 0,55 Aab	5,02 ± 0,70 Aab
	12	3,26 ± 0,29 Bb	7,02 ± 1,10 Aa	7,94 ± 1,35 Aa
	15	5,31 ± 0,55 Aab	5,79 ± 1,14 Aab	5,48 ± 0,42 Aab
PPO (UE min g ⁻¹)	0	1,05 ± 0,08 Aab	1,05 ± 0,08 Aab	1,04 ± 0,08 Aabc
	3	1,39 ± 0,18 Aab	1,29 ± 0,20 ABab	0,70 ± 0,07 Bb
	6	1,76 ± 0,20 Aa	1,78 ± 0,02 Aa	1,54 ± 0,17 Aa
	9	1,38 ± 0,08 Aab	1,05 ± 0,10 ABab	0,63 ± 0,08 Bc
	12	0,80 ± 0,09 Ab	0,92 ± 0,14 Ab	1,41 ± 0,14 Aab
	15	1,02 ± 0,19 Aab	1,22 ± 0,30 Aab	0,78 ± 0,18 Aabc

*Erro padrão da média. **Letras maiúsculas comparam na linha e minúsculas comparam na coluna. Médias seguidas de mesma letra não se diferem pelo teste Tukey (5%).

a velocidade dos processos aeróbicos implicando baixa disponibilidade de O₂ para a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase (Gunes e Lee, 1997). Compostos químicos como o ácido cítrico, ácido láctico e bissulfito de sódio têm demonstrado inibição efetiva sobre a atividade das enzimas de escurecimento (Carneiro et al., 2003), no entanto o bissulfito de sódio tem seu uso limitado pela legislação por ser tóxico e seu resíduo causar vários problemas ambientais (Oga, 1996). Por isso sua utilização em processo de larga escala implicaria em maiores cuidados tanto no controle da concentração como no tratamento dos resíduos gerados, podendo elevar o custo do produto.

O presente trabalho abre perspectivas para que novos estudos com *Hancornia speciosa* Gomes sejam desenvolvidos, na tentativa de se minimizar o impacto das enzimas de escurecimento na polpa dos frutos dessa espécie e conseqüentemente diminuir as perdas pós-colheita. A elevada atividade de peroxidase, obtida nas amostras, pode sugerir uma fonte potencial para a obtenção dessa enzima, pois segundo Moreira & Perrone (1977), atividade específica elevada pode indicar um grande potencial para extração e purificação da proteína em questão.

Conclusões

As temperaturas de armazenamento testadas propiciaram um maior controle da atividade da polifenoloxidase do que de peroxidase, mas no geral, as baixas temperaturas foram ineficientes em inibir essas duas enzimas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o CNPq, a CAPES e o programa PIBIC, por terem fornecido bolsa de iniciação científica a Lígia Campos de Moura e a Diogo Cunha Furtado. Agradecem também o senhor José Manuel de Assis, proprietário da Fazenda Jatobá, por fornecer o material vegetal utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

Literatura Citada

- ARAÚJO, J. M. A. 1999. Química dos alimentos. Viçosa, MG, UFV. 416p.
- ARAÚJO, S.A. 1990. Escurecimento enzimático em alimentos. Viçosa, MG, UFV. Boletim Técnico nº 231.

- BRACKMANN, A. et al. 2003. Aplicação de 1-MCP em caqui 'Quioto' armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25 (1): 42-44.
- CAMPOS, R.P. et al. 2012. Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia* sp.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 34 (1): 41-49.
- CAMPOS, R. P. 2011. 1-MCP em mangabas armazenadas em temperatura ambiente e a 11°C. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33(1):206-212.
- CARNEIRO, C. E. A.; ROLIM, H. M. V.; FERNANDES, K. F. 2003. Estudo das atividades de peroxidases e polifenoloxidase de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc) sob a ação de diferentes inibidores. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 25(1): 189-193.
- CARNELOSSI, M. A. G. 2004. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 28 (5): 1119-1125.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras, MG, UFLA. 783p.
- CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. 2002. Resfriamento de frutas e hortaliças. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças. 428p.
- DAMIANI, C. 2008. Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 32 (1): 203-212.
- DETONI, A. M. et al. 2005. Uva "Niágara Rosada" cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brasil)* 25(3): 546-552.
- DOLLHOJO, E. T. et al. 2009. Avaliação da qualidade de manga 'palmer' tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31 (1): 28-38.
- EL-HILARI, F.; AIT-OUBAHOU, A.; REMAH, A. 2003. Chilling injury and peroxidase activity change in "Fortune" mandarin fruit during low temperature storage. *Journal of Plant Physiology* 29 (1-2): 44-54.
- FERREIRA, D. F. 2003. Sisvar: versão 4.2. Lavras, MG, UFLA.
- FRANCO, C. F. O. et al. 2008. Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). Disponível em: <<http://www.emepa.org.br/mangaba.php>>. Acesso em: 20 janeiro de 2008.
- GUNES, G.; LEE, C. Y. 1997. Colour of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *Journal of Food Science* 62: 572-575.
- KUK, Y. I. et al. 2003. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. *Crop Science* 43 (1): 2109-2117.
- LUÍZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. 2007. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 31 (6): 1766-1773.
- MENOLLI, L. N. et al. 2008. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. *Acta Scientiarum Agronomy* 30 (1): 57-63.
- MOREIRA, R. A.; PERRONE, J. C. 1977. Purification and partial characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology* 59: 783-787.
- MORGADO, C. M. A. et al. 2010. Conservação pós-colheita de goiabas 'Kumagai': efeito da maturação e da temperatura de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32 (4):1001- 1008.
- NAVES, R.V. 1999. Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos. Tese de Doutorado. Goiânia, GO, UFG, Escola de Agronomia. 206p.
- OGA, S. 1996. Aditivos alimentares, In: Fundamentos de toxicologia. Part. 5. São Paulo, SP, Atheneu. pp. 405-440.
- PINELI, L. O. et al. 2005. Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(10):1035-1041.

- PURVIS, A. C.; SHEWFELT, R. L. 1993. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in the sensitive plant tissues? *Plant Physiology* 88: 712-718.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C.W. 1992. *Plant physiology*. 4 ed. Belmont, Wadsworth. 682p.
- SILVA, A. M. L.; GOMES, A. C. G.; MARTINS, B. A. 2009. Alterações físico-químicas e estudo enzimático da polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart). *Estudos (Brasil)* 36 (5/6):775-783.
- SILVA JUNIOR, J. F. 2004. A cultura da mangaba. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26 (1):1-192.
- VALERO, E.; VARÓN, R.; GARCÍA-CARMONA, F. 1988. Characterization of polyphenoloxidase from Airen grapes. *Journal of Food Science* 53 (5):1482-1484.
- VIEIRA NETO, R. D. 1994. Cultura da mangabeira. Aracaju, SE, Embrapa CPATC. Circular Técnica nº 2. 16p.