

**Alterações na cor, vitamina C, fenólicos e atividade de enzimas oxidativas durante o desenvolvimento de manga 'Tommy Atkins'**

**Eliseu Marlônio Pereira de Lucena**, Universidade Estadual do Ceará - UECE, Fortaleza, CE, Brasil. Email: [eliseulucena@yahoo.com.br](mailto:eliseulucena@yahoo.com.br)

**Joston Simão de Assis**, Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, Brasil.

**Ricardo Elesbão Alves**, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, Brasil.

**Joaquim Enéas Filho**, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, CE, Brasil.

**Resumo.** Este estudo teve como objetivo caracterizar as mudanças na cor da polpa, conteúdo de clorofila, carotenóides, vitamina C e fenólicos, bem como determinar a atividade da cultivar oxidada durante o desenvolvimento do fruto da mangueira cv. Tommy Atkins, da antese até a colheita comercial, considerando a definição do ponto de colheita ideal. Os frutos foram coletados em 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 102 e 102 dias após a antese (DAA), sendo feitas as seguintes determinações: luminosidade, croma e ângulo Hue da polpa, clorofila, carotenóides totais, vitamina C, fenólicos oligoméricos, poliméricos e diméros, e atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Os resultados indicaram que a manga 'Tommy Atkins' atingiram a maturidade fisiológica aos 98 DDA. O croma da polpa das frutas, entre as características estudadas, foi o melhor indicador de desenvolvimento de mangas cultivadas sob irrigação na região do Vale do Rio São Francisco, Brasil, por seu alto grau de determinação ( $R^2 = 0,9832$ ,  $P < 0,01$ ).

**Abstract.** The objective of this study was to characterize the pulp coloration, chlorophyll, carotenoids, C vitamin and phenolics amount as well as oxidase activity changes during the mango fruit growth, cv. Tommy Atkins, from anthesis to harvest, identifying when the mango reaches the optimum harvest maturity stage. The fruits were harvested at 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 days after the anthesis (DAA), being made the following determinations: pulp luminosity, Hue angle and chroma; total chlorophyll and carotenoids; C vitamin; polymeric, oligomeric and dimeric phenolics; polyphenol oxidase and peroxidase enzymes activity. The results indicated that mango cv. Tommy Atkins delayed 98 DAA to reach the maturity. The pulp chroma was the best growth indicator of the irrigate mango fruits crop in the São Francisco Valley, Brazil, based in your high coefficient of determination ( $R^2 = 0,9832$ ,  $P < 0,01$ ).

A presente pesquisa objetivou caracterizar as alterações na coloração da polpa, nos teores de clorofila, carotenóides, vitamina C e fenólicos, bem como, na atividade das oxidases durante o desenvolvimento dos frutos de mangueira, cv. Tommy Atkins, da antese até a colheita comercial, visando à definição do ponto de colheita ideal.

A polifenoloxidase (PPO) tem duas diferentes atividades catalíticas, ambas envolvendo o oxigênio. Elas são chamadas de atividades cresolásica e catecolásica. A cresolase está relacionada com a oxidação de fenóis monodroxilados, como a tirosina, fenol ou ortocresol, para formar outro grupo hidroxílico. Os dois elétrons são fornecidos pelo cobre, sempre associado à enzima. A catecolase envolve a remoção de dois hidrogênios de fenóis diidroxilados, como o catecol ou diidrofenilalanina, para dar uma ortoquinona correspondente. As quinonas, por polimerização, produzem melanoidinas. Esta oxidase é responsável pelo escurecimento enzimático em muitos produtos. Já a peroxidase (POD) decompõe a água oxigenada e um substrato, tal como um fenol ou ácido ascórbico, produzindo hidróxido e água. Pelo fato de ser facilmente determinada e por ser uma das enzimas mais resistentes ao calor, a POD é utilizada como indicação da eficiência do "blanching", isto é, inativação de enzimas pelo calor, em muitos produtos (Gava, 1984).

### Materiais e Métodos

Este trabalho foi conduzido na Fazenda Fruit Fort Agrícola Exportação Ltda e no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, situados respectivamente nos municípios de Petrolina, PE e Fortaleza, CE.

Colheu-se ao acaso, na Fazenda Fruit Fort, 12 frutos aos 35, 49, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 e 112 dias após a antese (DAA). Após a colheita, transportaram-se os frutos para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram feitas as avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas.

A coloração da polpa foi realizada com Colorímetro Minolta, modelo CR-300, o qual expressa a cor em três parâmetros: L, que corresponde a luminosidade; C, o croma; e H, o ângulo Hue. Para determinação da clorofila total, amostras de epicarpo foram retiradas ao acaso das mangas e desintegradas em homogeneizador de tecidos, conforme recomendação de Bruinsma (1963). Os níveis de clorofila total foram medidos segundo a equação adotada por Engel e Poggiani (1991). Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). A vitamina C foi determinada através da titulometria de acordo com Strohecker e Henning (1967). A extração dos fenólicos foi realizada de acordo com Swain e Hillis (1959), e o doseamento segundo metodologia descrita por Reicher *et al.* (1981). O processo de extração da polifenoloxidase foi realizado segundo a técnica proposta por Wissemann e Lee (1980), com algumas modificações.

A extração da peroxidase foi realizada conforme método de Wissemann e Lee (1980) com as mesmas modificações adotadas para extração da polifenoloxidase. A atividade foi medida segundo metodologia descrita por Matsuno e Uritani (1972), substituindo-se o substrato o-fenilenodiamina por guaiacol 1%, adicionado diretamente à solução tampão.

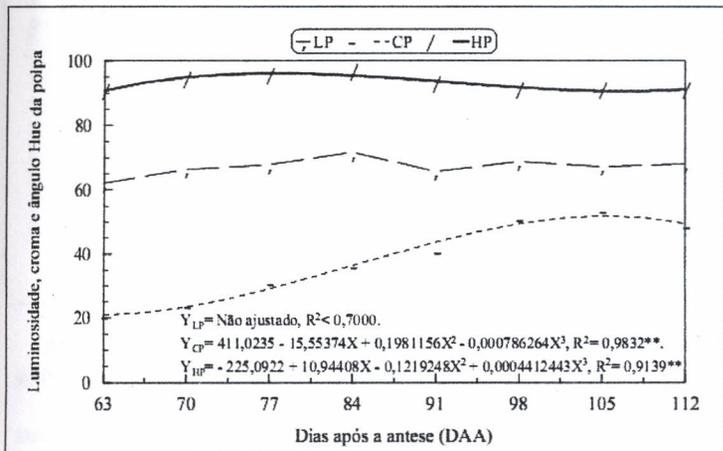
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 10 ou 8 tratamentos (épocas de colheita), dependendo da análise que foi realizada e 3 repetições, constituídas por 4 frutos cada. Os dados foram submetidos à análise



de variância e para os casos em que os tratamentos foram significativos, procederam-se ajustes através de regressões polinomiais.

**Resultados e Discussão**

A luminosidade representa o brilho da superfície ou a quantidade de preto. Na manga 'Tommy Atkins', houve variação estatisticamente significativa da luminosidade da polpa durante o período estudado (Figura 1), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 ( $R^2 = 0,69$ ). O valor médio obtido foi de 67,26, numa escala em que o máximo corresponde a 100 e mostra uma tendência de aumento durante o desenvolvimento.



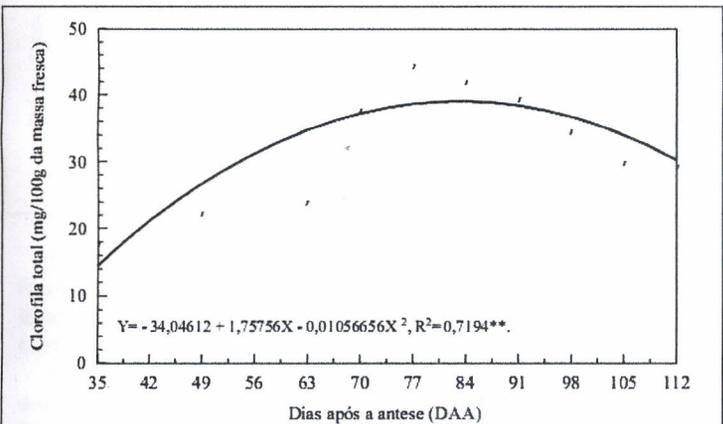
**Figura 1.** Luminosidade (LP), cromia (CP) e ângulo Hue da polpa de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Estes resultados são semelhantes aos de Morais (2001), quando estudando esta mesma cultivar de 82 a 103 dias após floração plena (DAFP) obteve aumento de luminosidade e um valor médio de 73,75. Por outro lado, na Figura 1 evidencia-se que as mudanças no cromia e no ângulo Hue asseguram diferenças de cor entre os frutos imaturos e maduros, apoiados por altos coeficientes de determinação ( $R^2 = 0,98$  e  $R^2 = 0,91$ ).

Para o cromia, ocorreu um aumento gradual até os 105 DAA (53,56), indicativo de degradação de clorofila e síntese de carotenoides já que o aumento no cromia reflete o aumento na intensidade da cor amarela. Este resultado difere dos de Morais (2001), que analisando 'Tommy Atkins' detectou o ponto máximo aos 96 DAFP (59,38).

O ângulo Hue, que representa a variação de cor do verde (verde intenso = 180°) para o amarelo (amarelo intenso = 90°), por sua vez, apresentou resposta menos característica. Aumentou dos 63 aos 84 DAA (90,96 para 96,83) e depois reduziu até aos 112 DAA (91,03). Morais (2001) também registrou aumento no valor do cromia e redução no ângulo Hue (passagem do verde para o amarelo) em mangas 'Tommy Atkins' colhidas de 82 a 103 DAFP.

Pelos resultados obtidos (Figura 2) evidenciou-se um aumento acentuado no conteúdo de clorofila total da casca de manga dos 35 até os 77 DAA (18,50 para 45,35 mg/100 g da massa fresca da casca), portanto, o valor inicial mais que dobrou e depois diminuiu até os 112 DAA (30,27 mg/100 g da massa fresca da casca).



**Figura 2.** Clorofila total da casca de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Neste mesmo sentido, Mena *et al.* (1996) com 'Manila' registraram comportamento semelhante ao obtido a partir dos 77 DAA neste experimento, porém os valores encontrados por aqueles autores não ultrapassaram a 4 mg/100 g da massa fresca

da casca. Isto se deve, provavelmente, devido às mangas estarem em estágio de maturação mais avançado que o deste experimento. O conteúdo de carotenoides totais aumentou quadraticamente com o avanço do desenvolvimento (Figura 3), dos 63 aos 112 DAA (0,26 para 1,14 mg/100 g da massa fresca da polpa, mais que quadruplicou).

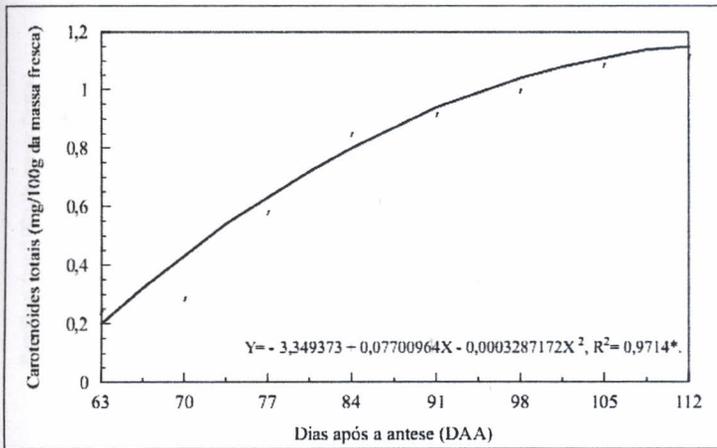


Figura 3. Carotenoides totais de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Medlicott *et al.* (1986), em trabalho realizado com 'Tommy Atkins', encontraram um valor para carotenoides totais superior a 0,5 mg/100 g da massa fresca da polpa.

A distinção marcante de cor constatada pela observação visual, aliada às diferenças significativas de valores encontrados analiticamente para as medidas de carotenoides totais durante o desenvolvimento, faz desta variável um parâmetro adequado para a avaliação do grau de maturidade da manga, concordando com o croma da polpa (CP), o qual aumentou com o avanço do desenvolvimento (Figuras 1 e 3).

Houve redução no teor de Vitamina C até 98 DAA e a partir de então ficou praticamente constante (Figura 4). As mangas aos 112 DAA apresentaram aproximadamente metade (12,92 mg/100 g da massa fresca da polpa) do teor inicial aos 35 DAA (21,98 mg/100 g da massa fresca da polpa). Comportamento análogo foi obtido por Lima (1997), ao detectarem redução no teor de Vitamina C total de 47,9 para 9,3 mg/100 g da massa fresca da polpa nos frutos normais de 'Tommy Atkins'.

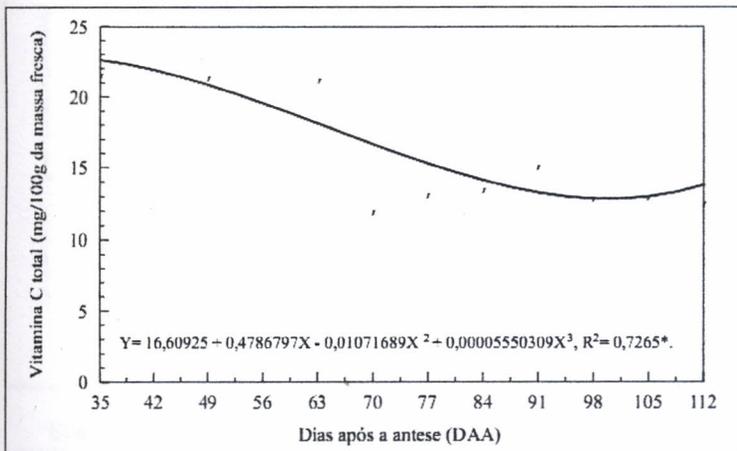


Figura 4. Vitamina C de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

O conteúdo de fenólicos poliméricos (Figura 5) aumentou dos 63 aos 77 DAA (31,16 para 36,92 mg/100 g da massa fresca da polpa) e depois diminuiu até os 112 DAA (25,36 mg/100 g da massa fresca da polpa). Resultados equivalentes foram obtidos por Evangelista (1999), ao detectar, com o avanço da maturação de 'Tommy Atkins', uma elevação nos teores de compostos fenólicos, seguido de diminuição.

Os teores de fenólicos oligoméricos e diméricos tiveram variação estatisticamente significativa durante o desenvolvimento da manga (Figura 5), embora os coeficientes de determinação tenham sido inferiores a 0,70 ( $R^2 = 0,63$  e  $R^2 = 0,70$ ). A tendência observada no conteúdo de fenólicos oligoméricos e diméricos durante o desenvolvimento (63 a 112 DAA) foi de redução (34,83 para 28,01 mg/100 g da massa fresca da polpa e 43,14 para 33,58 mg/100 g da massa fresca da polpa, respectivamente). O valor médio obtido foi de 29,19 e 33,91 mg/100 g da massa fresca da polpa, respectivamente.

Ao ser considerado apenas os valores iniciais e finais, o teor de fenólicos diméricos foi superior ao dos oligoméricos e este por sua vez superior ao dos poliméricos. Este comportamento ratifica o estudo de Park *et al.* (1980), em trabalho desenvolvido com manga, segundo qual os fenólicos diméricos predominam sobre os demais.

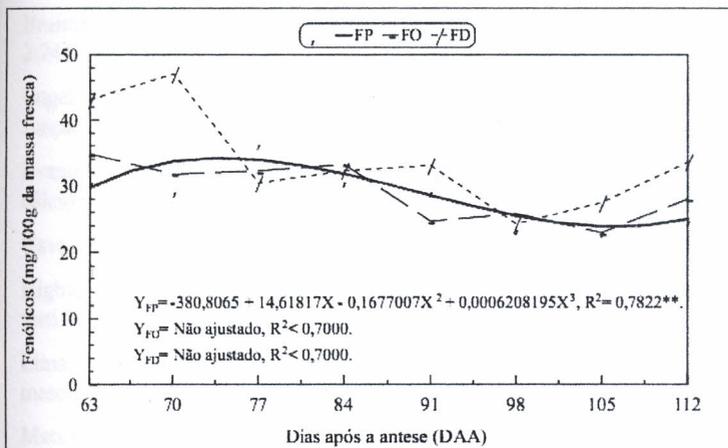


Figura 5. Fenólicos poliméricos (FP), oligoméricos (FO) e diméricos (FD) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

O somatório dos valores médios dos compostos fenólicos desta pesquisa totaliza em 92,10 mg/100 g da massa fresca da polpa, igualando-se assim ao de Evangelista (1999), o qual detectou com esta mesma cultivar o valor médio de 93,10 mg/100 g da massa fresca da polpa no tratamento controle.

Para a atividade de polifenoloxidase (PPO) houve variação estatisticamente significativa durante o período estudado (Figura 6), embora o coeficiente de determinação tenha sido inferior a 0,70 (R<sup>2</sup> = 0,64). A atividade da PPO apresentou flutuações ao longo do desenvolvimento, com tendência à estabilidade. O valor médio obtido foi de 543,48 UAE/g da massa fresca/min. Este valor médio é superior aos determinados por Evangelista (1999) e Lima (1997), em mesocarpo sadio de fruto imaturo de 'Tommy Atkins' quando encontraram uma atividade da PPO de 31,5 e 15,0 UAE/g da massa fresca/min, respectivamente.

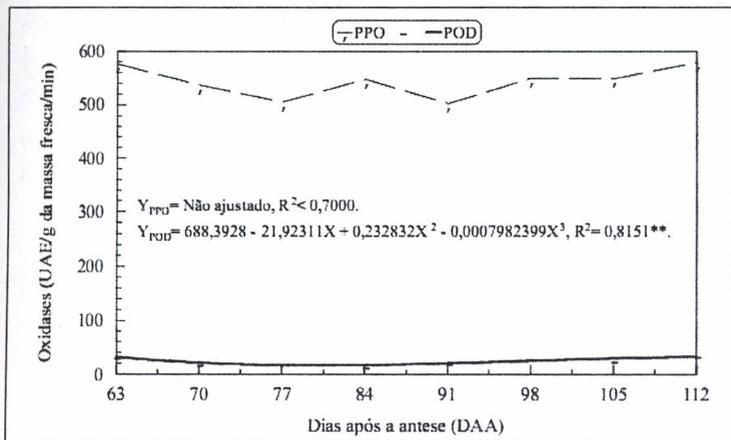


Figura 6. Atividades da polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) de mangas 'Tommy Atkins' durante o desenvolvimento.

Conforme a Figura 6, a atividade da peroxidase (POD) diminuiu cubicamente dos 63 aos 84 DAA (32,51 para 13,87 UAE/g da massa fresca/min), o que equivale a uma redução de quase dois terços do valor inicial e depois aumentou até os 112 DAA (33,58 UAE/g da massa fresca/min), correspondendo a um incremento de quase três vezes. O período de diminuição coincidiu com o aumento no conteúdo de fenólicos poliméricos (Figura 5), enquanto o período de aumento coincidiu com a diminuição de fenólicos poliméricos, sugerindo a associação entre enzima e substrato e, conseqüentemente, à perda de adstringência aos 112 DAA. Estes resultados são superiores aos de Lima (1997) que em mesocarpo sadio de 'Tommy Atkins' armazenado por 28 dias, verificou uma variação de 6,66 a 10,0 UAE/g da massa fresca/min.

Comparando-se as atividades da PPO e da POD, constata-se que a primeira além dos níveis mais altos, apresentou variações mais pronunciadas. No entanto, deve-se ressaltar que mesmo nos casos em que a atividade da POD é alta, sua ação isolada raramente é importante, pois ela depende da presença da PPO no meio, a fim de gerar o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> necessário à ocorrência da oxidação (Robards *et al.*, 1999).

Os resultados indicaram que as mangas 'Tommy Atkins' atingiram a maturidade fisiológica aos 98 dias após a antese (DAA).

#### Literatura Citada

- Bruinsma, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology* 2:241-249.
- Engel, V. L. e F. Poggiani. 1991. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 3(1):39-45.
- Evangelista, R. M. 1999. Qualidade de mangas "Tommy Atkins" armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Gava, A. J. 1984. Princípios de tecnologia de alimentos. 1. ed. Nobel, São Paulo.
- Higby, W. K. 1962. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science* 27:42-49.
- Lima, L. C. de O. 1997. Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': Transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Matsuno, H. and I. Uritani. 1972. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black root. *Plant and Cell Physiology* 13:1091-1101.
- Medlicott, A. P., S. B. Reynolds e A. K. Thompson. 1986. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37(5):469-474.
- Mena, N. G., V. C. Saucedo y A. D. Nieto. 1996. Evaluacion de tratamientos cuarentenarios en frutos de mango Manila en Mexico. p.223-240. In: A. R. São José, I. V. B. Souza, J. Martins Filho e O. M. Morais (Coords.). Manga: tecnologia de produção de mercado. DFZ/UESB. Vitória da Conquista.
- Morais, P. L. D. de. 2001. Maturidade para colheita e vida útil da manga 'Tommy Atkins' para o mercado europeu. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Park, K. Y., H. H. Sato, T. D. Almeida and R. H. Moreti. 1980. Polyphenol oxidase of mango (*Mangifera indica* L. var. Haden). *Journal of Food Science* 45(6):1619-1621.
- Reicher, F., M. R. Sierakowski e J. B. C. Correa. 1981. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 24(4):407-411.
- Robards, K., P. D. Prenzler, G. Tucker, P. Swatsitang, and W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative process in fruits. *Food Chemistry* 66(4):401-436.
- Strohecker, R. e H. M. Henning. 1967. Analisis de vitaminas: Métodos comprobados. Paz Montalvo, Madrid.
- Swain, T. and E. E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*: II. The analysis of tissues of the 'victoria' plum tree. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 10(2):135-144.
- Wisseman, K. W. and C. Y. Lee. 1980. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. *American Journal of Enology and Viticulture* 31(3):206-211.