
Uso da radiação UV-C na qualidade pós-colheita de tangerina 'ponkan'

Use of UV-C radiation in the quality of 'ponkan' tangerine harvest

Carolina Carvalho Rocha Sena^{1*}; Zeuxis Rosa Evangelista¹; Kari Katiele Souza Araújo¹;
Pâmela Carvalho Melo¹; André José de Campos¹

¹Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Henrique Santillo, Anápolis, Goiás, Brasil

*Autor correspondente. E-mail: eng.carolsena@hotmail.com

Recebido: 18/03/2022; Aceito: 02/04/2022

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento pós-colheita dos frutos de tangerina 'Ponkan' sob a exposição à radiação UV-C. Os frutos desse estudo foram adquiridos em um Centro de Comercialização da Cidade de Anápolis. O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 5, quatro tempos de exposição à UV-C (0 minutos, 1 minuto, 2 minutos e 3 minutos) e cinco dias de armazenamento (0, 4, 8, 12 e 16), com quatro repetições. Os dados foram submetidos análise de variância ($P < 0,05$) e quando significativos, foi feito o teste de comparação de médias comparadas pelo teste de Tukey. Conclui-se que as maiores perdas de massa foram analisadas nos frutos tratados com radiação UV-C. As variáveis pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável não foram influenciadas pela exposição à radiação UV-C. A radiação em tangerina ainda carece de estudos, no que diz respeito ao comportamento pós-colheita dos frutos frente à exposição da UV-C.

Palavras-chave: Atmosfera modificada, *Citrus reticulata*, Mexerica, Qualidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the postharvest behavior of 'Ponkan' tangerine fruits under UV-C radiation exposure. The fruits of this study were acquired in a Commercialization Center in the City of Anápolis. The experimental design used in the trial was completely randomized (DIC) in a 4 x 5 factorial scheme, four times of exposure to UV-C (0 minutes, 1 minute, 2 minutes and 3 minutes) and five days of storage (0, 4, 8, 12 and 16), with four replications. The data were submitted to analysis of variance ($P < 0.05$) and when significant, the comparison test of means compared by Tukey's test was performed. It was concluded that the greatest mass losses were analyzed in fruits treated with UV-C radiation. The variables pH, total soluble solids and titratable acidity were not influenced by exposure to UV-C radiation. The radiation in tangerine still lacks studies, with regard to the post-harvest behavior of the fruits in the face of UV-C exposure.

Keywords: Modified atmosphere, *Citrus reticulata*, Mexerica, Quality.

INTRODUÇÃO

Apesar da demanda do consumidor estar aumentando, as tangerinas são propensas as perdas pós-colheita no armazenamento comercial. As tangerinas (*Citrus reticulata*) são culturas perenes de grande importância econômica ocupando a segunda posição de produção mundial de citros, ficando somente atrás da laranja, sendo o Brasil o quinto maior produtor mundial (FAO, 2017). Em âmbito nacional os maiores produtores são as federações de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul (IBGE, 2020). A tangerina da variedade “Ponkan” é originária da Ásia e representa 60% dos plantios dos pomares brasileiros, a sua produção é voltada principalmente para o consumo *in natura* devido ao sabor, aroma, coloração e a facilidade em ser descascada (MICHIELIN et al., 2016; DIAS et al., 2022).

A boa aceitação por parte dos consumidores e os melhores preços de frutas cítricas, dependem da sua qualidade e principalmente do seu tamanho, tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria. Além do tamanho, um grupo de cinco características inter-relacionadas é empregado para medir a aceitação do consumidor: coloração, teor de suco, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e índice de maturação (CRUZ et al., 2009; ACIOLY, 2018). Para a ampliação do período de armazenamento e manutenção das características dos frutos é indicado aplicar técnicas pós-colheita criando interferência nos processos fisiológicos do fruto, promovendo diminuição da transpiração e respiração e uma dessas técnicas é o uso da radiação ultravioleta (CHITARRA & CHITARRA, 2005; VASCONCELOS, 2019).

A utilização da radiação ultravioleta-C (UV-C) (200 a 280 nm) é uma alternativa eficiente na conservação de frutas e hortaliças, esse método é nocivo para a alimentação humana, não altera as características sensoriais do alimento, tem fácil operacionalidade, efeito germicida ao alimento, além de ser um agente retardante dos processos fisiológicos e bioquímicos que levam a maturação do alimento (MANZOCCO et al., 2011; MOHAMED et al., 2017; VASCONCELOS et al., 2020). Há estudos que mostram o efeito do uso da radiação UV-C na pós-colheita e as respostas dependem da variedade e espécie (FAN et al., 2012).

Sanches et al. (2016) observaram que a irradiação de UV-C em tangerinas evitou a podridão dos frutos. Dias et al. (2022) observam que ao aplicar a radiação UV-C não se obteve nenhumefeito sobre os parâmetros analisados sobre os frutos de tangerina. Evangelista et al. (2019) ao avaliarem o uso da radiação UV-C sob a qualidade pós-colheita de jabuticaba observaram que os tratamentos não interferiram na conservação do fruto.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi o comportamento das variáveis pós-colheita dos frutos de tangerina ‘Ponkan’ na aplicação de radiação UV-C.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Propriedades físicas dos produtos vegetais, pertencente à Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis - GO. Foram utilizadas tangerinas ‘Ponkan’, oriundas de um centro de comercialização da cidade de Anápolis, Goiás, visando avaliar os diferentes efeitos da radiação UV-C na qualidade dos frutos durante o armazenamento.

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5, quatro tempos de exposição à UV-C (0 minutos, 1 minuto, 2 minutos e 3 minutos) e cinco dias de armazenamento (0, 4, 8, 12 e 16), com quatro repetições. Cada unidade amostral consistiu em quatro bandejas com frutos. Para a radiação UV-C dos frutos, foi utilizado um protótipo irradiador UV-C, com um grupo de vinte lâmpadas germicidas sem filtro com 30 watts cada. Os frutos foram submetidos aos tratamentos e todos foram acondicionados em embalagens de poliestireno expandido (EPS) + filme de cloreto de polivinila (PVC) e foram armazenadas em à 10°C, à 85-90% de UR, por 16 dias, em uma B.O.D.

As variáveis analisadas foram: perda de massa, firmeza de casca, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e índice de maturação. Para analisar a perda de massa (PM) foi utilizada balança de precisão BL 3200H. A porcentagem de perda de massa foi calculada a partir da equação: $PM (\%) = ((P_i - P) / P_i) * 100$; onde: PM = perda de massa (%); P_i = Massa inicial do fruto (g); P_j = Massa do fruto no período subsequente a M_i (g).

A firmeza de casca foi avaliada usando o texturômetro Brookfield - texture analyser CT3 50K, com a profundidade de penetração de 2mm e velocidade de penetração de $6,9\text{mm s}^{-1}$; os resultados foram expressos em CentiNewtons (cN). Para a análise do pH, foi realizado por potenciometria utilizando-se o potenciômetro modelo DMPH-2 Digimed; a partir do suco extraído dos frutos de tangerina. O teor de sólidos solúveis (SS) foi mensurado através da leitura refratométrica direta, utilizando uma amostra de suco dos frutos em °Brix, com refratômetro Abbe digital de bancada da marca Quimis. O conteúdo de acidez titulável (AT), expresso em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de polpa, foi determinada pela titulação de 5 g de polpa homogeneizada e diluída com água destilada, com solução padronizada de NaOH a 0,1M, usando a solução alcoólica fenolftaleína 1% como indicador (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicatas. O índice de maturação foi determinado pela razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

Os dados obtidos das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$), e quando significativos foram comparadas pelo teste de Tukey. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o software SISVAR 5.6 (FERREIRA et al., 2019).

RESULTADOS

Na Figura 1, nota-se que a perda de massa teve um aumento gradual em todos os tratamentos testados durante os dezesseis dias de análise. A maior porcentagem de perda de massa de tangerina foi observada para os frutos que foram expostos a 3 minutos de radiação UV-C, que variou de 0,80% no 4º dia de armazenamento e de 3,2% no 16º dia. A menor perda de massa observada foi no Tratamento 0 (sem radiação), onde variou de 0,46% no 4º dia de armazenamento e 1,9% no 16º dia de armazenamento.

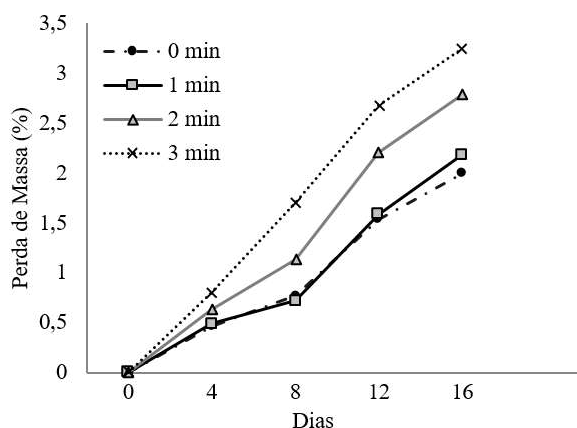


Figura 1. Variação da perda de massa (%) da tangerina exposta a diferentes tempos de UV-C armazenada a 10°C, à 85-90% de UR, por 16 dias.

A variação do pH, do teor dos sólidos solúveis e da acidez titulável pode ser observada na Tabela 1. No decorrer dos 16 dias do armazenamento das tangerinas irradiadas não foi notada diferença estatística para nenhuma dessas análises avaliadas.

Tabela 1. Valores médios do pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável da tangerina exposta a diferentes tempos de radiação UV-C armazenada a 10°C, à 85-90% de UR, por 16 dias.

Tempo de Radiação	pH	SST	AT
0 minuto	3,95 a	10,53 a	0,45 a
1 minuto	4,01 a	10,21 a	0,41 a
2 minutos	3,94 a	10,19 a	0,43 a
3 minutos	4,02 a	10,32 a	0,42 a
Dias	pH	SS	AT
0	3,97 a	10,56 a	0,63 a
4	3,95 a	10,24 a	0,65 a
8	4,06 a	10,10 a	0,34 a
12	3,99 a	9,90 a	0,23 a
16	3,93 a	10,18 a	0,30 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05\%$).

Não foi observado efeito significativo para o pH dos frutos de tangerina que não sofreu influência dos tempos de radiação ao qual foram expostos, como também, o pH não sofreu influência nos dias de armazenamento. Onde houve um decréscimo no teor de sólidos solúveis até a quarta avaliação e na quinta voltou a elevar o valor do teor de sólidos solúveis. No decorrer dos 16 dias do armazenamento das tangerinas irradiadas não apresentaram diferenças estatística para todos os tratamentos. Onde houve um decréscimo no teor de sólidos solúveis até a quarta avaliação e na quinta voltou a elevar o valor do teor de sólidos solúveis.

Os valores de acidez titulável (Tabela 1) da tangerina exposta à 0, 1, 2 e 3 minutos não diferiram estatisticamente entre si. Isso porque, durante o armazenamento de frutos, ocorre a degradação dos ácidos orgânicos, levando assim à redução da acidez titulável.

Na Tabela 2, encontram-se os valores de firmeza e o índice de maturação. As tangerinas que foram submetidas a radiação UV-C por 3 minutos apresentaram maiores valores de firmeza em relação aos demais tratamentos desde o primeiro dia de armazenamento (158 cN), sendo que 12º dia de armazenamento os frutos desse tratamento apresentaram redução significativa da firmeza (52,50 cN), elevando-se novamente até ao 16º dia de armazenamento (150 cN).

Tabela 2. Valores médios da Firmeza (cN) e do Índice de Maturação da tangerina exposta a diferentes tempos de radiação UV-C armazenada a 10°C, à 85-90% de UR, por 16 dias.

Tempo de Radiação	Dias				
	0	4	8	12	16
	Firmeza				
0 minuto	87,50BAa	67,5Aa	80,00Ba	87,50Aa	155,00Aa
1 minuto	55,00Bb	143,75Aa	51,25Bb	42,50Ab	148,75Aa
2 minutos	75,00Bba	96,25Aba	67,50Bba	53,75Ab	145,00Aa
3 minutos	158,00Aa	108,75Aba	191,25Aa	52,50Ab	150,00Aa
	Índice de Maturação				
0 minuto	15,23 bA	15,40 bA	32,95 aA	43,54 aBA	34,54 aA
1 minuto	18,74 cA	17,59 cA	29,99 bA	44,36 aBA	32,82 bA
2 minutos	17,13 cA	15,69 cA	29,70 bA	37,26 bB	36,69 bA
3 minutos	16,73 cA	14,89 cA	17,50 bA	46,44 aA	35,97 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05\%$).

O Tratamento 0 (sem radiação), não diferiu estatisticamente durante os dias armazenados, como também em relação aos demais tratamentos, sofrendo diferença significativa apenas no 8º dia de armazenamento em relação frutos expostos a 3 minutos de radiação UV-C. Frutos expostos a 1 minutos de radiação de radiação UV-C, não sofreram aumento significativo da firmeza no 4º e 16º dia de armazenamento. No 16º dia de armazenamento foi observado para todos os tratamentos elevação na firmeza da casca dos frutos.

Na tangerina armazenada, o índice de maturação, apresentou diferença significativa para a interação do tempo de exposição à radiação e os dias de análise. Sendo que para os os dias de análise apresentou diferença estatística entre os tratamentos, sendo que no 12º dia de análise para 3 minutos de exposição apresentou o melhor índice de maturação. Já para o tempo de exposição à radiação, também só o 12º dia de armazenamento apresentou diferença estatística entre os tratamentos, sendo que 3 minutos de exposição também apresentou o melhor índice de maturação.

DISCUSSÃO

De acordo com Finger & Vieira (1997), a perda de massa pós-colheita exerce efeitos sobre a fisiologia de frutas e hortaliças, uma vez que afeta a respiração, a produção de etileno e induz alterações no padrão de síntese de proteínas. A perda de massa crescente observada nesse trabalho foi semelhante a Amaral (2010) e Evangelista et al. (2019) que ao trabalharem com melão e jabuticaba, respectivamente, também encontraram maior perda de massa nos frutos tratados com radiação UV-C. Esse aumento na porcentagem de perda de massa perdida durante o armazenamento, se justifica pelo processo de transpiração vegetal, o qual resulta de um gradiente de pressão de vapor entre o fruto e o ambiente (MARQUES et al., 2020; DIAS et al., 2022). Chitarra & Chitarra (2005) relatam que a perda de massa tem relação direta com a firmeza, pois é um dos fatores responsáveis pelo turgor e pela composição da parede celular pela ação de enzimas. Isso justifica o fato de todos os tratamentos apresentarem maiores firmeza nas tangerinas no final do armazenamento. Caso contrário foi observado por Coutinho et al. (2003), ao trabalharem com aplicação de luz ultravioleta em pêssegos, encontraram menores valores de firmeza em relação ao tratamento controle.

A variação do pH ao longo do armazenamento sem diferença estatística também foi observado por Lemma et al. (1999), ao trabalharem com radiação em suco natural de laranja, onde a variação de pH foram mínimas e pouco alteraram as características químicas do suco de laranja irradiado.

Os sólidos solúveis totais indicam a quantidade de açúcares existentes na fruta e com a desidratação dos frutos há a concentração desta variável (CHITARRA & CHITARRA, 2005), caso não verificado nas condições que foi realizado esse estudo. Em jabuticabas irradiadas com também foi observado oscilação dos teores de sólidos solúveis para todos os tratamentos, resultando em redução ao longo do armazenamento (EVANGELISTA et al., 2019).

Dias et al. (2022) ao analisarem a utilização do recobrimento por fécula de mandioca e gelatina, aliados a aplicação de radiação UV-C, para prolongar a vida útil de tangerinas 'Ponkan' durante o armazenamento observaram que a aplicação de radiação UV-C não teve influência nos parâmetros avaliados (perda de massa, pH, sólidos solúveis totais). Vasconcelos et al. (2020) concluíram que a associação da radiação UV-C e refrigeração atuou efetivamente na conservação pós-colheita de tangerina 'Dekopon', permitindo a manutenção propriedades físico-químicas, para maior vida útil, principalmente, no que se refere às variáveis de perda de massa fresca, cor, parâmetros métricos, ácido ascórbico e textura.

Sanches et al. (2016) concluíram que os tempos de exposição por 15 e 20 minutos possibilitaram a manutenção das características desejáveis de pós-colheita da tangerina 'Pokan' durante o período de avaliação, principalmente no que se refere às variáveis perda de massa fresca, sólidos solúveis, acidez titulável e taxa respiratória, mostrando uma técnica promissora. Sanches et al. (2017) ao avaliarem também a aplicação de diferentes doses de radiação ultravioleta C em associação a temperaturas de armazenamento nas variáveis pós-colheita dos frutos de tangerina 'Pokan' concluíram que as doses mais elevadas, proporcionaram a manutenção das características desejáveis de pós-colheita dos frutos durante o período de avaliação. Mostrando ser uma técnica promissora para a conservação do fruto.

CONCLUSÃO

O uso da radiação UV-C demonstrou maior perda de massa e maior firmeza de casca nos frutos.

Provavelmente os tempos a radiação não influenciou no pH dos frutos, no teor de sólidos solúveis e na acidez titulável. Evidenciando assim, que o estudo de novos tempos de exposição à radiação UV-C na qualidade Tangerina Ponkan, merece mais estudado.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, T. M. S. **Estudo dos pontos críticos na cadeia de beneficiamento e seus efeitos na qualidade e conservação de lima ácida 'Tahiti'**. 2018. 85 F. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola SUPERIOR DE Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

AMARAL, R. D. A. **Utilização de água ozonizada e radiação ultravioleta C na sanitização de melão minimamente processado**, 2010. 83 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Área de concentração em tecnologia pós-colheita- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed., Lavras: ed. UFLA, 2005. 785 p.

COUTINHO, E. F.; SILVA JUNIOR, J. L.; HAERTER, J. A.; NACHTIGALL, G. R.; FLORES-CANTILLANO, R. F. Aplicação pós-colheita de luz ultravioleta (UV-C) em pêssegos cultivar jade, armazenados em condições ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 663-666, 2003.

CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, O. S. Qualidade de frutas de tangerineira 'Ponkan' submetidas ao raleio químico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 127-134, 2009.

DIAS, C. S.; BICCA, M. L.; SILVA, F. L.; ACOSTA, T. F.; LEIVAS, G.; FARIAS, P. C. M.; COSTA, V. B.; HERTER, F. G. Qualidade de frutos de tangerina 'Ponkan' utilizando recobrimento alternativos e aplicação de radiação UV-C. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 2, e2211225292, 2022.

EVANGELISTA, Z. R.; CAMPOS, A. J.; SILVA, D. C.; ARAÚJO, K. K. S.; CAMPOS, L. F. C. Radiação UV-C sob a qualidade pós-colheita de jabuticaba. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 48-53, 2019.

FAN, X.; NIEMIRA, B.A.; PRAKASH, A. Irradiation of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 3, p. 36-43. 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: ed. UFV, 1997. 29 p.

Food and Agriculture Organization – FAO. (2017). **Statistics Division**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/q/qc/e>. Acesso em: 21 Jan 2022.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo) - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neussadocpascuet e Paulo Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2020). **Produção Agrícola Municipal, 2020**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 20 de Jan de 2022.

LEMMA, J.; ALCARDE, A. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.56, n.4, p.1193-1198, 1999.

MANZOCCO L.; PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; VIANELLO, A.; NICOLI, M.C. Surface decontamination of fresh-cut apple by uvc light exposure: effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest biology and technology**, Amsterdam, v. 6, p. 165-171, 2011.

MICHIELIN, T. H. V.; CRISTOFANI-YALY, M.; SCHINOR, E. H.; AZEVEDO, F. A.; BASTIANEL, M. Reação de híbridos de citros à inoculação com *alternaria alternata*. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 4, p. 313-320, 2016.

MARQUES, L. O. D.; BENATI, J. A.; CARVALHO, J. D.; MELLO-FARIAS, P.; ACOSTA, T. F.; HERTER, F. G.; PASA, M. S. Sustainable alternatives for post-harvest strawberry conservation. **Australian journal of crop science**, v. 14, n. 10, p. 1670-1674, 2020.

MOHAMED, N. T. S.; DING, P. KADIR, J. GHAZALI, H. M. Potential of uvc germicidal irradiation in suppressing crown rot disease, retaining postharvest quality and antioxidant capacity of musa “Berangan” during fruit ripening. **Food Science & Nutrition**, Chichester, v. 5, n. 5, p. 967-980, 2017.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSME, S. S.; CORDEIRO, C. A. M. Radiação UVC na longevidade pós-colheita de tangerinas sob refrigeração. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 36, p. 129-135, 2017.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Radiação UV-C na longevidade pós-colheita de tangerinas sob refrigeração. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, v. 15, n. 3, p. 338-344, 2016.

VASCONCELOS, L. H. C. **Aplicação de técnicas pré e pós-colheita em tangerina ‘Dekopon’**. Dissertação UFG. 152 F. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), PROGRAMA de pós graduação em agronomia, Goiânia, 2019.

VASCONCELOS, L. H. C.; SILVA, F. A.; CAMPOS, A. J.; SIQUEIRA, A. P. S.; VASCONCELOS, R. F. post-harvest evaluation of 'Dekopon' Tangerins submitted to different uv radiation time C and refrigeration temperatures. **International Journal of Development Research**, Raipur, v. 10, n. 05, p. 35750-35767, 2020.