



## Aspectos qualitativos e amadurecimento do araçá amarelo tratado com radiação UV-C

Alex Guimarães SANCHES<sup>1\*</sup>, Jaqueline Macedo COSTA<sup>2</sup>, Maryelle Barros da SILVA<sup>2</sup>,  
Elaine Gleice Silva MOREIRA<sup>2</sup>, Paula Jaqueline Antes SANTANA<sup>2</sup>, Carlos Alberto Martins CORDEIRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará, Campus Altamira, Altamira, Pará, Brasil.

\*E-mail: alexsanches.eng@gmail.com

Recebido em fevereiro/2017; Aceito em maio/2017.

**RESUMO:** O araçá amarelo apresenta interessante potencial nutricional e funcional devido a sua atividade antioxidante e a presença de compostos bioativos e qualitativos que favorecem seu consumo nas mais variadas formas, contudo a baixa vida útil desse fruto compromete sua comercialização na forma in natura, sendo a forma processada incompatível com o desejo do consumidor em elaborar um novo produto. Deste modo o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da radiação UV-C como tecnologia de conservação sobre os aspectos fisiológicos e no prolongamento da vida útil do araçá amarelo armazenado em condição de temperatura ambiente. Os frutos foram expostos aos raios UV-C por 0 (controle), 3 e 6 minutos e avaliados a cada quatro dias por 12 dias sobre as seguintes variáveis: Perda de massa fresca, firmeza do fruto, coloração da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, índice de maturação, teor de vitamina C, teor de clorofila, carotenóides, taxa respiratória e produção de etileno. A qualidade dos araçás foi comprometida logo após o quarto dia nos frutos do tratamento controle caracterizando pela elevada perda de massa e firmeza dos frutos além de perda da coloração natural e pico da atividade respiratória e da produção de etileno. A exposição à radiação por 3 e 6 minutos pouco diferiu entre si para as características avaliadas e mantiveram vida útil dos frutos por até 8 dias com pico da taxa respiratória e produção de etileno e ausência de podridões. A exposição dos frutos por 3 minutos é suficiente em gerar alterações fisiológicas benéficas quanto à qualidade dos frutos.

**Palavras-chave:** *Eugenia stipitata* L., vida útil, metabolismo pós-colheita, raios ultravioleta.

### Qualitative aspects and maturation of the yellow araçá treated with UV-C irradiation

**ABSTRACT:** The yellow araçá presents an interesting nutritional and functional potential due to its antioxidant activity and the presence of bioactive and qualitative compounds that favor its consumption in the most varied forms, however the low useful life of this fruit compromises its commercialization in the in natura form, being the Processed too often incompatible with the desire of the consumer to develop a new product. Thus, the present work aims to evaluate the effects of UV-C radiation as a conservation technology on the physiological aspects and in the prolongation of the useful life of the yellow araçá stored in ambient temperature conditions. The fruits were exposed to UV-C rays for 0 (control), 3 and 6 minutes and evaluated every four days for 12 days on the following variables: Fresh weight loss, fruit firmness, peel color, soluble solids, acidity Titratable, maturation index, vitamin C content, chlorophyll content, carotenoids, respiratory rate and ethylene production. The quality of the araçá was compromised shortly after the fourth day in the fruits of the control treatment characterized by the high loss of mass and firmness of the fruits besides loss of the natural coloration and peak of the respiratory activity and the ethylene production. Exposure to irradiation for 3 and 6 minutes differed little from one another for the characteristics evaluated and maintained fruit shelf life for up to 8 days with respiratory rate peak and ethylene production and absence of rot. Exposure of fruits for 3 minutes is sufficient to generate beneficial physiological changes in fruit quality.

**Keywords:** *Eugenia stipitata* L., lifespan, post-harvest metabolism, ultraviolet rays.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que apresenta grande diversidade de frutas nativas. No entanto, pequeno número é explorado e utilizado, tanto na comercialização *in natura* como na forma de produtos derivados (CAVALCANTI et al., 2011).

Dentre as frutas com potencial de mercado, tem-se o araçá (*Eugenia stipitata*), fruta nativa do Brasil, sendo encontrada ainda

em regiões da Amazônia, Mata Atlântica e nas áreas de cerrado (WILLE et al., 2004), que vem despontando no mercado brasileiro, porém de forma ainda modesta. Esta fruta vem sendo avaliada quanto ao seu teor de nutrientes e aproveitamento em produtos alimentícios, como sucos, geleias e doces. O araçá é uma fruta rica em fibras e em vitamina A, B e C (NERI-NUMA et al., 2013).

O araçá apresenta interessante potencial nutricional e funcional, demonstrando boa atividade antioxidante e alto teor

de fenólicos, além de altas taxas de proteína e carboidratos. Os frutos têm o seu sabor similar à goiaba, embora seja um pouco mais ácido e de perfume mais acentuado, podem ser consumidos como ingrediente na produção de doces, sorvetes e bebidas (FRANZON et al., 2009).

A perecibilidade desta fruta é vista como motivo para inviabilizar seu consumo em diferentes regiões que não as de sua ocorrência natural (VIANA et al., 2012). Assim, a utilização de tecnologias de conservação é de fundamental importância na manutenção de suas propriedades funcionais e nutricionais, possibilitando o alcance de novos mercados e assim seu aproveitamento *in natura* para outros fins sem a necessidade de processamento.

Nesse aspecto, uma das técnicas pós-colheita alternativas seria a irradiação ultravioleta. A irradiação ultravioleta na faixa de 200 a 280 nm é classificada como UV-C, sendo que estudos vêm demonstrando que esta faixa de radiação constitui-se num método eficiente na conservação de alimentos (FALGUERA et al., 2011).

A radiação ultravioleta na pós-colheita não gera resíduos químicos e não causa alterações sensoriais quanto aos atributos de qualidade sendo sua ação evidenciada no controle do amadurecimento e na redução da deterioração, atividade microbiana e nas desordens fisiológicas que comprometem a vida útil dos vegetais (SHEN et al., 2013), além de atuar como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, induzindo o metabolismo secundário, especialmente a síntese de compostos fenólicos nos vegetais (GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009).

Em face do exposto, a utilização da radiação UV-C como tecnologia emergente e com grande potencial de promover a conservação de frutas em especial aquelas ainda pouco exploradas, a citar, o araçá boi, surge como alternativa de disseminação e conhecimento para favorecer o prolongamento da vida útil desta frutífera, assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de diferentes tempos de exposição a irradiação UV-C sobre os aspectos fisiológicos e qualitativos do araçá boi durante o armazenamento em condição de temperatura ambiente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do araçazeiro amarelo utilizados neste experimento foram adquiridos em propriedade agrícola familiar localizado sob as coordenadas geográficas latitude 03° 12' 12", longitude 52° 12' 23", município de Brasil Novo, PA. Os frutos foram provenientes de plantas matrizes com idade de 3 anos e que foram propagadas por sementes. Para a colheita deu-se preferência para frutos com estágio de maturação alcançado ainda na cor verde e localizados na região mediana da projeção da copa, descartando aqueles com defeitos fisiológicos e ou acometidos por pragas e doenças, visando à uniformidade do lote.

Os araçás foram devidamente acondicionados em caixas térmicas isolantes e transportados ao Laboratório de Biotecnologia Aplicada do Centro de Estudos Ambientais - CEA, localizado no município de Altamira-PA. No laboratório os frutos foram enxaguados em água corrente visando a eliminação de resíduos provenientes do campo e então sanitizados em solução contendo hipoclorito de sódio a 5% por 3 minutos, em seguida os frutos foram dispostos em bancadas e secos sob condição ambiente.

Após secos os frutos foram divididos em lotes e então submetidos aos tratamentos com irradiação UV-C no irradiador tipo "JS7500", com taxa de dose de 1.7 kGy h<sup>-1</sup> e com tempo de exposição de: 0 minutos, constituindo o tratamento controle; 3 e 6 minutos.

Após a exposição, os frutos foram organizados em um delineamento experimental do tipo inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x5 (tempos de exposição a irradiação UV-C x dias de análise), com cinco repetições e a parcela experimental constituída por 3 frutos.

Os frutos de cada tratamento foram acondicionados em bandejas de isopor de poliestireno expandido devidamente identificadas e mantidas em condição de temperatura ambiente 25 ± 3°C e 85 ± 5% de U.R por doze dias, sendo realizadas análises físico-químicas e químicas em intervalos de três dias sobre as seguintes variáveis:

Perda de massa fresca: Avaliada através da pesagem dos frutos em balança MARK 500, com precisão de 0,001 g calculando por diferença o peso no dia inicial e aquele em cada dia de avaliação sendo os resultados expressos em percentagem de massa fresca (%).

A firmeza do fruto foi realizada com auxílio do aparelho *Texture Analyser* CT3 (Brookfield), na velocidade de penetração de 6,9 mm s<sup>-1</sup> a uma profundidade de 7mm. As análises foram realizadas na região equatorial e em lados opostos de cada fruto sendo os valores expressos em Newtons (N).

A coloração da casca foi procedida com a verificação dos valores L\*, a\* e b\*, medidos por refletância, utilizando-se colorímetro Color Quest XE, onde a coordenada L\* indica quão escuro e quão claro é o produto (valor zero cor preta e valor 100 cor branca), a coordenada a\* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b\* está relacionada à intensidade de azul (-b) e amarelo (+b).

O teor de sólidos solúveis foi mensurado através de leitura refratométrica direta sob a polpa dos frutos previamente macerada e homogeneizada em refratômetro digital da marca Abbe refractometer Quimis, conforme recomendações da Aoac (2012) e os resultados expressos em graus Brix (°Brix).

O conteúdo de acidez titulável, expresso em gramas do ácido cítrico por 100g de polpa, foi determinado através da titulação de massa conhecida de polpa homogeneizada e diluída com água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 M, tendo como indicador a fenolftaleína a 1%, seguindo a recomendação da Aoac (2012).

O índice de maturação foi determinado através da relação entre os sólidos solúveis e o teor de acidez presente na polpa dos frutos (SS/AT) e os resultados expressos em números inteiros com duas casas decimais.

O conteúdo de vitamina C foi determinado pelo método proposto por Chen e Wang (2002) em espectrofotômetro a 525 nm, sendo os resultados expressos na curva de calibração em g.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico.

O teor de clorofila foi determinado com o uso de um clorofilômetro portátil modelo CFL 1030, para as leituras, foram retiradas cascas bem finas das amostras de cada bandeja, em seguida colocou as cascas no batente do aparelho, sendo que para cada bandeja foram realizadas seis medições em diferentes amostras. Os valores de clorofila total foram expressos em mg/g.

Os carotenoides totais (µg.g<sup>-1</sup>) foram determinados na polpa dos frutos por espectrofotometria a 450 nm, utilizando-se solução extratora de hexano 98,5% (PA), conforme Rodriguez-Amaya (2001).

A taxa respiratória e a produção de etileno foram determinadas por cromatografia gasosa em cromatógrafo Varian 3300. As amostras de cada repetição foram colocadas em minicâmaras hermeticamente fechadas sendo calculado o gás do espaço livre dos recipientes através de analisadores eletrônicos de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, marca Agri-Datalog. Com base na concentração de CO<sub>2</sub>, no volume do espaço livre, na massa de frutos e no tempo de fechamento, foi calculada a respiração e a produção de etileno sendo os valores expressos em mililitro de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e ηmol C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente.

A incidência de podridões foi realizada mediante análise visual sobre o tamanho da área afetada pelos fungos nos frutos tendo o resultado expresso em porcentagem de área afetada/deteriorados e os resultados expressos em porcentagem (%).

Os dados originados das análises dos frutos foram submetidos à análise de variância e quando significativos faz o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05) e regressão. Para as análises estatísticas utilizou o Software Assistat 7.7 versão beta.

### 3. RESULTADOS

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo entre os fatores (tempos de exposição a irradiação UV-C e os dias de análise) para todas as características avaliadas pelo teste F (p<0,05) e pelo teste de Tukey ao nível de (p<0,01 e p<0,05).

Os frutos do tratamento controle já apresentavam, ao oitavo dia, perda acumulada de 5,4%, e chegando a 8,3% ao final de nove dias. Nos frutos expostos por 3 e 6 minutos a irradiação UV-C as perdas ao fim do período experimental ficaram em torno de 5,6 e 6,4%, respectivamente (Figura 1A).

De acordo com a Figura 1B observa-se que a firmeza da polpa dos frutos foi significativamente afetada com o tempo de armazenamento entre os tratamentos, observando reduções com o passar dos dias de avaliação em todos os tratamentos.

Nota-se que ao longo de todo o período de avaliação os frutos irradiados apresentaram menor perda de firmeza quando comparado aqueles do tratamento controle que apresentou ao final de doze dias redução de até 15,5 N em relação ao dia inicial (Figura 2B). Entre os frutos irradiados nota-se que não houve diferença entre os tempos de exposição até o oitavo dia de análise quando os frutos irradiados por 3 minutos apresentaram-se mais firmes, média de 53,2N em relação aos 49,6 N apresentados pelos frutos irradiados por 6 minutos (Figura 1B).

Esse comportamento é similar ao observado por Pombo et al. (2009) que ao avaliar morangos submetidos a luz UV-C, notaram valores de firmeza superiores ao tratamento controle durante o armazenamento. Marques et al. (2013), estudando mangas irradiadas com associação de UV-C e revestimento observaram que esta técnica proporciona maior manutenção da firmeza e das outras características pós-colheita.

Analisando a Tabela 1 observa-se que houve redução nos valores de ângulo de cor com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos. Contudo, nos frutos que foram expostos por 3 e 6 minutos de irradiação UV-C, essa redução foi bem menos intensa quando comparados ao tratamento controle, os quais no quarto dia já apresentavam uma diminuição de 14,6°L, o que demonstra uma mudança na coloração da casca passando de verde para amarelo.

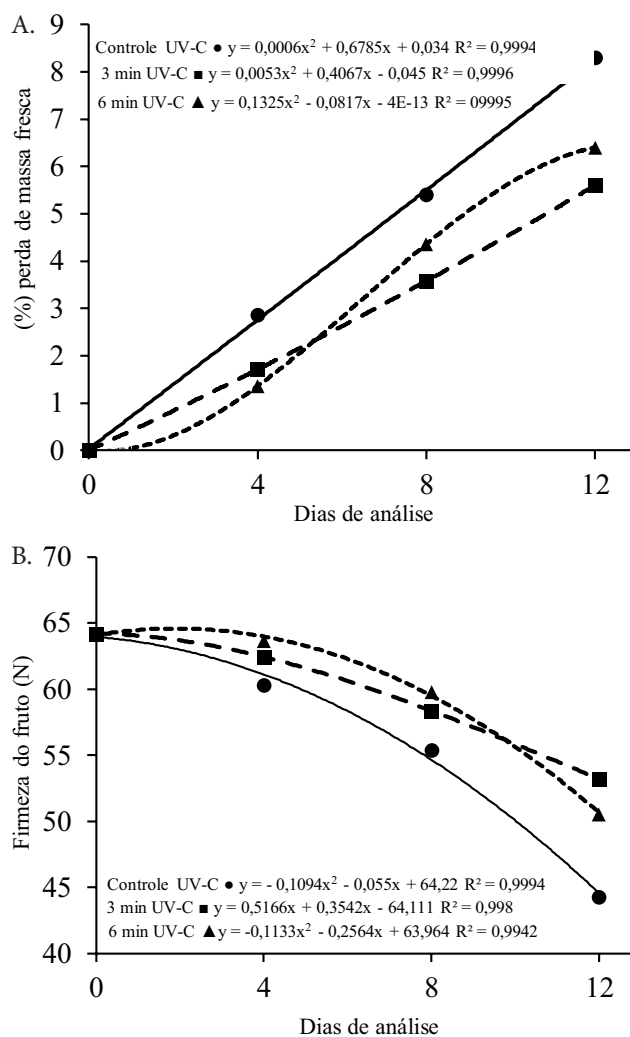


Figura 1. Evolução na perda de massa fresca (A) e redução na firmeza em frutos do araçazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

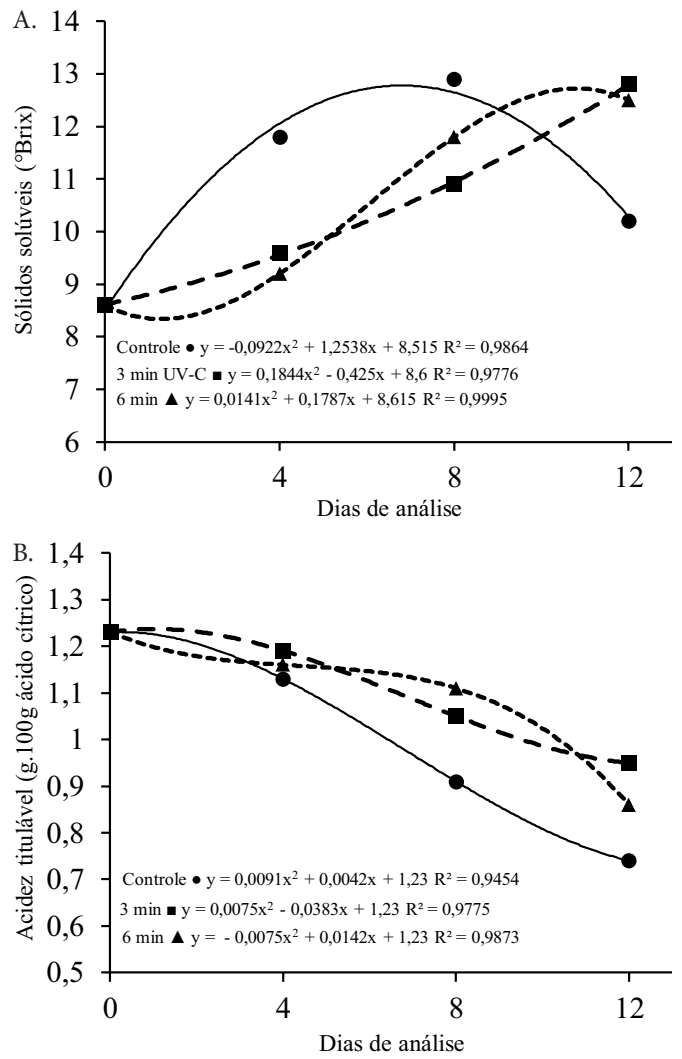
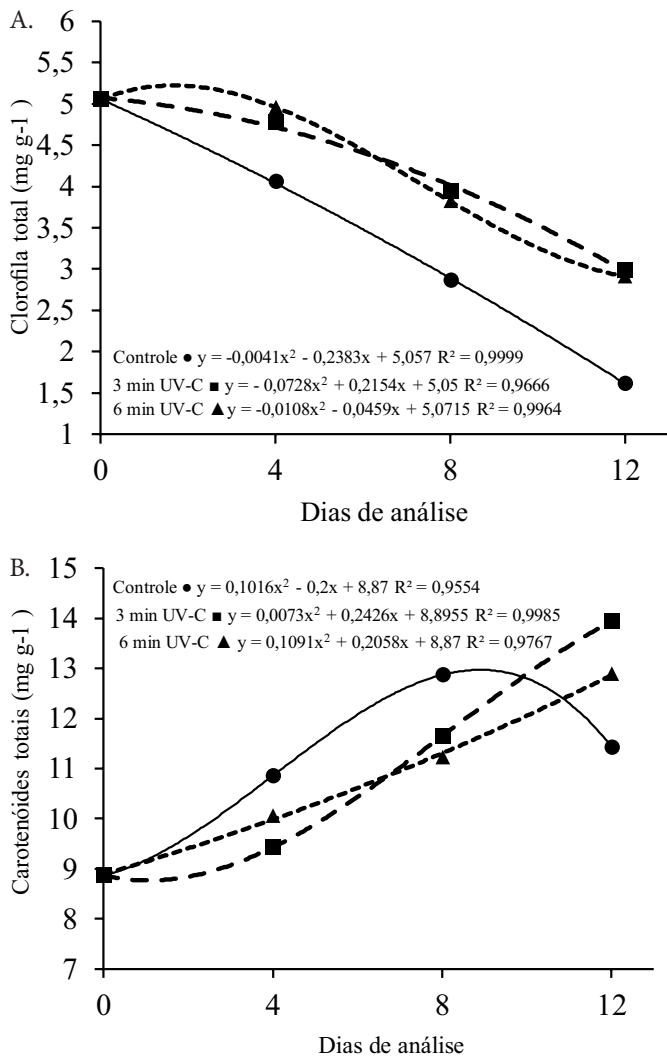
Figure 1. Evolution in fresh weight loss (A) and reduction in firmness in yellow araçaizo fruits exposed to different irradiation times and stored at room temperature for 12 days.

O aumento na coloração amarela na casca dos frutos fica bem visível através da análise dos componentes de clorofila e carotenóides (Figuras 2A e 2B) respectivamente.

O teor de sólidos foi crescente durante o período de avaliação, sendo que este aumento pode ter ocorrido em função da degradação de polissacarídeos da parede celular, resultando na concentração de açúcares. Os frutos irradiados por 3 e 6 minutos não diferiram entre si, sendo o teor de sólidos solúveis oscilando de 8,6° Brix a 12,8° Brix e 12,5° Brix, respectivamente, durante o armazenamento (Figura 3A). Melo et al. (2012) também verificaram aumento no conteúdo de SS na polpa de araçás amarelos com valores oscilando entre 8,0 a 11,4°Brix.

Já os frutos do tratamento controle, esse aumento foi mais pronunciado logo após o quarto dia de armazenamento, obtendo um incremento de até 3,5° Brix e ao fim do período de avaliação apresentaram reduções com média de 10,2°Brix (Figura 3A).

Para frutos do tratamento controle, a partir do quarto dia de análise foi observada diferença significativa (p<0,05) quando comparados com os frutos expostos por 3 e 6 minutos a irradiação (Figura 3B).



306

Figura 2. Teor de clorofila total (A) e de carotenóides totais (B) em frutos do arazazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Figura 3. Conteúdo de sólidos solúveis (A) e acidez titulável (B) em frutos do arazazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Em relação aos teores de ácido ascórbico, verificam-se comportamentos diferentes entre os tratamentos e o tempo de armazenamento. Para os frutos irradiados nota-se um aumento gradual nos teores dessa variável até o oitavo dia de avaliação,

indicando síntese dessa vitamina durante o amadurecimento em favorecimento ao efeito proporcionado pela irradiação. Nos frutos do tratamento controle observa-se uma redução significativa logo após a instalação do experimento indicando

Tabela 1. Valores médios pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis luminosidade, ângulo *a* e ângulo *b* em frutos do arazazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Variáveis	Tratamentos UV-C	Dias de armazenamento				CV (%)
		0	4	8	12	
Luminosidade ( <i>L</i> )	Controle	74,3 cA	59,8 bB	43,6 abB	33,8 aC	7,21
	3 minutos	74,3 cA	70,2 cA	63,7 bA	45,8 aB	
	6 minutos	74,3 cA	71,3 cA	66,2 bA	51,3 aA	
Ângulo <i>a</i>	Controle	43,8 dA	38,6 cB	34,7 bB	31,6 aB	4,86
	3 minutos	43,8 cA	42,6 cA	42,1 cA	40,2 bA	
	6 minutos	43,8 cA	42,9 cA	42,4 cA	39,6 bA	
Ângulo <i>b</i>	Controle	59,7 cA	55,6 bcB	49,8 bB	45,2 aB	5,12
	3 minutos	59,7 bA	58,3 cA	55,6 bcA	50,3 bA	
	6 minutos	59,7 bA	59,2 cA	55,7 bA	49,3 aA	

Médias seguidas pela mesma letra na linha (minúsculas=dias) e na coluna (maiúsculas= tempos de exposição à irradiação uv-c), não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

uma maior degradação da enzima ascorbato oxidase (Figura 4A).

De modo geral os teores de ácido ascórbico encontrados nos frutos controle variaram de 141,8 a 103,6 mg 100g<sup>-1</sup> e, nos expostos a irradiação por 3 e 6 minutos, chegaram a 155,9 mg 100g<sup>-1</sup> e 153,9 mg 100g<sup>-1</sup>, respectivamente, durante oito dias de armazenamento, após esse período os teores foram reduzidos passando pra valores inferiores a 135,0 mg 100g<sup>-1</sup> em ambos tratamentos (Figura 4A). Em tangerinas submetidas ao tratamento com irradiação gama houve manutenção nos teores de vitamina C na polpa dos frutos irradiados ao passo que nos frutos do tratamento controle os valores reduziram progressivamente (SANCHES et al., 2016).

No que se refere ao índice de maturação (SS/AT) os valores progrediram nos frutos irradiados passando de 9,76 para mais de 15,5 ao fim de oito dias com posterior redução em ambos os tempos de exposição dos frutos no décimo segundo dia. Nos frutos do tratamento controle esse aumento é observado somente

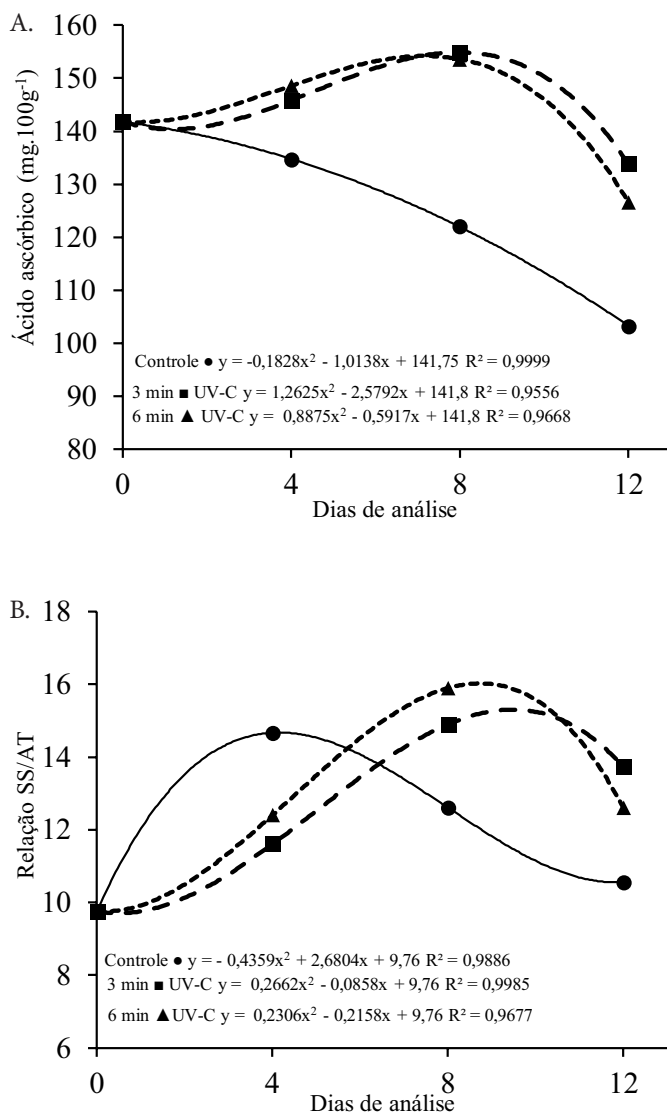


Figura 4. Teor de ácido ascórbico (A) e índice de maturação (B) em frutos do araçazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Figure 4. Ascorbic acid content (A) and maturation index (B) in yellow araçá fruits exposed to different irradiation times and stored at room temperature for 12 days.

até o quarto dia de análise quando o valor médio de 14,67 cai para 10,56 no último dia de avaliação (Figura 4B).

Os frutos irradiados por 3 minutos apresentaram comportamento respiratório semelhante àqueles que ficaram expostos por um tempo de 6 minutos, enquanto os frutos representados pelo tratamento controle se destacaram pela alta atividade respiratória durante o período de armazenamento (Figura 5A).

Ao observar o comportamento da produção de etileno (Figura 5B), verificou-se que a irradiação conseguiu inibir a produção desse hormônio nos frutos de maneira eficaz, pois o pico na produção é verificado somente ao sexto dia de avaliação não diferindo entre os tempos de exposição avaliados.

Já os frutos do tratamento controle apresentaram um aumento substancial na produção endógena de etileno com pico logo após o terceiro dia de avaliação, acelerando assim o amadurecimento e a senescência dos frutos (Figura 5B).

O uso da irradiação inibiu progressivamente a ocorrência de podridões durante os 12 dias de armazenamento dos frutos quando o percentual médio verificado foi de 14,6 e 18,5% nos frutos expostos por 3 e 6 minutos respectivamente (Figura

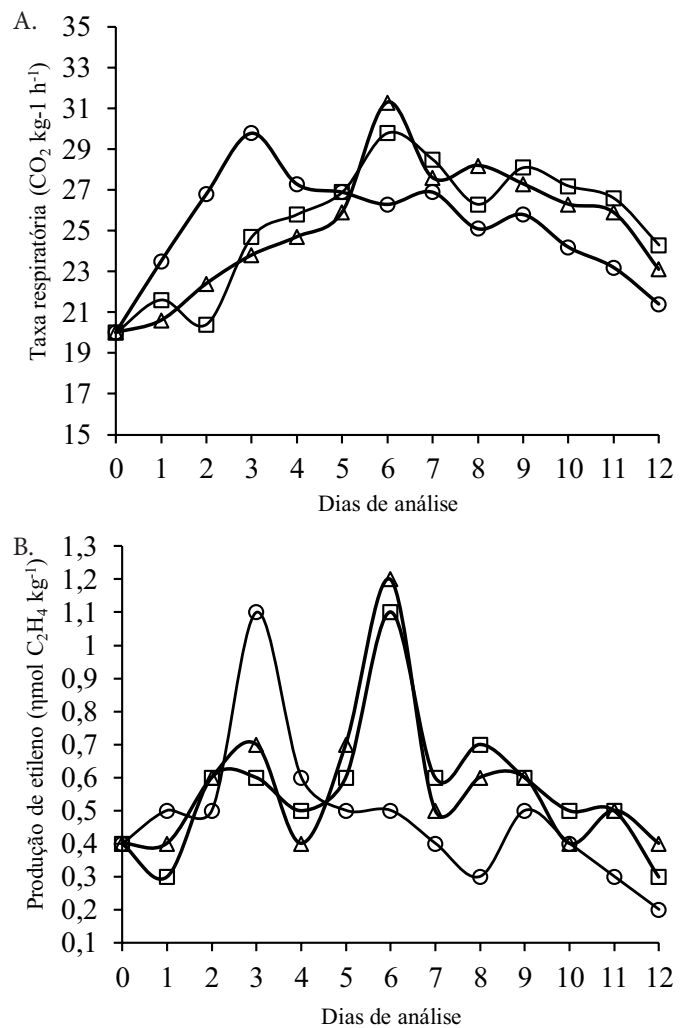


Figura 5. Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) em frutos do araçazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Figure 5. Respiratory activity (A) and ethylene (B) production in yellow araçá fruits exposed to different irradiation times and stored at room temperature for 12 days.

6), diferindo do tratamento controle cuja incidência de frutos acometidos por fungos e com avançado estágio de senescência foram observados no oitavo dia de análise com percentual médio de 69,6% chegando aos 12 dias com os frutos em sua totalidade deteriorados > 86% (Figura 6). Cia et al., (2009) e por Tiecher et al. (2010) que obtiveram menor incidência de podridões durante o armazenamento de uvas e pêssegos respectivamente.

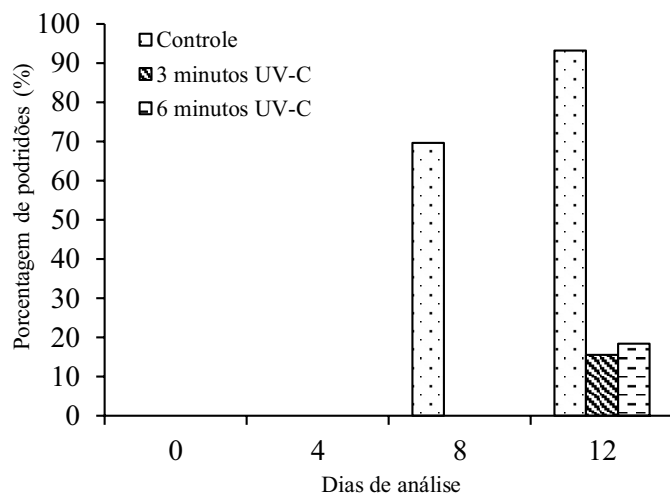


Figura 6. Ocorrência de podridões em frutos do araçazeiro amarelo expostos a diferentes tempos de irradiação e armazenados a condição de temperatura ambiente, durante 12 dias.

Figure 6. Occurrence of rot in yellow araçazeiro fruits exposed to different irradiation times and stored at room temperature for 12 days.

#### 4. DISCUSSÃO

O aumento da perda de massa fresca durante o período em que o fruto é armazenado é explicado por Mota et al. (2002) pela perda de água durante o processo de transpiração que é comum nos vegetais, como também pelo processo de senescência que já se iniciou com o processo do amadurecimento do fruto. Nesse processo metabólico, reduz-se a quantidade de água no interior da célula. Levando o fruto, a redução da turgidez, depreciação visual e conseqüentemente, redução da aceitabilidade comercial (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Essa menor evolução na perda de massa fresca com o uso da irradiação UV-C também foi reportada por Daiuto et al. (2013) em abacates e por Sanchez et al. (2016) em tangerinas, quando comparados aos frutos que não foram irradiados.

Segundo Paliyath et al. (2008) a perda da firmeza é uma característica do processo de maturação dos frutos. A firmeza da polpa reflete as transformações na estrutura celular, coesão das células e alterações bioquímicas, responsáveis pela textura do produto.

Os tempos de exposição a irradiação apresentaram diferenças significativas entre si somente no último dia de análise quando os frutos expostos por 3 minutos a irradiação UV-C tiveram maior redução nos valores de ângulo de cor, média de 45,8°L.

Com relação aos valores da coordenada  $a^*$ , que varia do vermelho ao verde, essa coordenada apresentou estabilidade de valores durante o período de armazenamento dos frutos, com exceção do tratamento controle os quais já no quarto dia apresentaram escurecimento e com isso uma maior redução nos

valores, o que pode estar relacionado com o incremento nos valores de  $a^*$  (Tabela 1).

Sobre a coordenada  $b^*$  não houve diferença significativa frutos expostos a irradiação durante o armazenamento, isto é, apesar de notar perda da cor verde após oito dias de armazenamento a coloração amarela manteve-se estável até doze dias de avaliação. Os frutos do tratamento controle por outro lado apresentaram queda no valor de  $b^*$ , indicando menor intensidade na coloração amarela na casca dos frutos logo após o quarto dia de armazenamento (Tabela 1).

Cia et al. (2009) observaram menor degradação nos valores de luminosidade e das coordenadas  $a$  e  $b^*$  em uvas quando submetidas ao tratamento com irradiação UV-C, diferindo significativamente dos frutos não tratados.

De acordo com a Figura 2A observa-se que os teores de clorofilas diminuíram significativamente ao logo do armazenamento em todos os tratamentos. O teor de clorofila total nos frutos do tratamento controle variou de 5,05 mg g<sup>-1</sup>, na instalação do experimento, a 1,62 mg g<sup>-1</sup> ao fim de doze dias de armazenamento.

Nos frutos expostos a irradiação UV-C por 3 e 6 minutos os teores apresentaram uma manutenção nos valores até o quarto dia de análise com posterior redução nos dias subsequentes até o fim do armazenamento, contudo essas reduções foram menos significativas em relação ao grupo controle cuja média ficou em torno de 2,96 mg g<sup>-1</sup> ao final do experimento, não diferindo entre si (Figura 2A).

Sendo assim, a irradiação age como um processo, capaz de retardar a senescência, incluindo retardo na degradação de clorofilas, corroborando com os resultados descritos por Costa et al. (2006) que ao avaliar os teores de clorofila em brócolis notaram manutenção e redução menos acentuada desses compostos em relação ao grupo controle, os autores concluíram que esta menor redução está associada ao efeito da irradiação sobre a atividade da enzima clorofilase, envolvida no catabolismo de clorofilas que foi alterada pelo estresse gerado com a UV-C.

A perda de clorofila causa mudança de cor nos vegetais, o que muitas vezes está associado com a perda de qualidade destes quando utilizados como alimentos. Dentre os motivos podem ser citadas as transformações no pH, causadas principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos; ativação da enzima clorofilase e presença de sistemas oxidantes (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Provavelmente o estresse causado pela indução do fruto a irradiação promoveu sua ligação ao sítio ativo do etileno na célula evitando a sua ação e favorecendo a quebra das enzimas relacionadas a clorofila, reduzindo deste modo os processos fisiológicos de amadurecimento, contudo tal fato merece melhor investigação.

O desaparecimento da clorofila, que é o responsável pela cor verde aos frutos, foi ocorrendo com o tempo, dando visibilidade para os carotenóides, que são pigmentos amarelos que caracterizam o processo de maturação (ERKAN et al., 2008).

Os valores médios de carotenóides apresentaram um ligeiro aumento nos frutos irradiados até o fim do experimento ao passo que nos frutos do tratamento controle essa elevação é observada somente até o oitavo dia de análise quando a média apresentada foi de 12,87 mg g<sup>-1</sup> (Figura 2B).

Nos frutos expostos a radiação não foi verificada interação entre os tempos de exposição até o oitavo dia com valores oscilando entre 8,87 a 11,65 mg g<sup>-1</sup>, todavia no último dia de

análise os frutos irradiados por 3 minutos apresentaram um incremento na concentração de carotenóides chegando a 13,94 mg g<sup>-1</sup> diferindo dos frutos expostos por 6 minutos cuja média foi de apenas 13,59 94 mg g<sup>-1</sup> (Figura 2B).

Esse aumento no teor de carotenóides nos frutos irradiados pode ter sido estimulado pela radiação UVC, que ativou os mecanismos de defesa do fruto, sendo estes responsáveis por vários fenômenos nos frutos, sendo um deles o de promover a indução do metabolismo de carotenóides (LIU et al., 2009). Provavelmente, por conta desse fator, os frutos mantiveram-se com certa estabilidade e aumento até o fim do armazenamento, conferindo apelo funcional significativo aos frutos.

Em tomates segundo, Campos e Vietes (2009), observaram que os tempos de exposição a radiação de 3 e 2 minutos, proporcionaram as maiores médias de carotenóides ao longo de 21 dias de armazenamento, diferenciando significativamente do tratamento de 1 minuto de radiação UVC e controle.

Esse efeito da radiação em diminuir o consumo dos açúcares como substrato para o metabolismo respiratório dos frutos identificados neste trabalho é similar aos verificados por Sanches et al. (2016) em análise com tangerinas, contudo, Souza et al. (2009) e Souza et al. (2016) não verificaram efeito da irradiação UV-C na manutenção do conteúdo de SS na polpa de pêssegos e pinhas respectivamente ao longo dos dias de avaliação.

A acidez titulável apresentou uma redução durante o tempo de armazenamento, tanto para frutos irradiados como aqueles do grupo controle (Figura 3B), concordando com os relatos de Silva et al. (2009) de que, após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares, fundamentais para as características de sabor e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis.

Mesmo com a redução nos valores de AT os frutos irradiados não diferiram entre si durante o tempo de avaliação. Os valores de modo geral oscilaram entre 1,23 a 0,74 g ácido cítrico por 100g de polpa do dia zero ao décimo segundo dia, respectivamente. Tais resultados concordam com os observados por Pereira et al. (2012) que encontrou variações na polpa de araças amarelos entre 1,19 e 0,88 g ácido cítrico por 100g de polpa.

É possível observar que mesmo com a redução nos teores de acidez em todos os tratamentos, os frutos irradiados apresentaram menor degradação dos ácidos orgânicos e, portanto um estágio menos avançado de maturação, semelhante ao observado por Sanches et al. (2016) em tangerinas, Daiuto et al. (2013) em abacates e por Tibola et al. (2007) em morangos.

O aumento mais acentuado na relação SS/AT nos frutos do tratamento controle indica um estágio de maturação mais avançado ao passo que a redução observada logo após o quarto dia de armazenamento é um indicativo da entrada dos frutos em deterioração em função do pouco teor de açúcares e ácidos orgânicos na polpa dos frutos para serem utilizados como substrato energético durante a vida útil, nesta perspectiva o uso da irradiação promoveu um maior período de conservação e maturação dos frutos uma vez que a redução só é observada após oito dias de armazenamento (Figura 4B).

Os araçás do tratamento controle tiveram pico climatérico logo no terceiro dia de armazenamento, enquanto que nos frutos irradiados a maior produção de CO<sub>2</sub> só é observada no sexto dia de avaliação, indicando, portanto que a irradiação ativa mecanismos fisiológicos que retardam o ponto climatérico dos

frutos (Figura 5A). Assim, pode-se observar que a atividade respiratória foi mais progressiva nos frutos do tratamento controle com o amadurecimento dos frutos comprometido logo após o pico climatérico.

Comportamento similar foi observado por Daiuto et al. (2013) que verificou um pico climatérico de abacates mais tardio em relação ao tratamento controle e com valores de CO<sub>2</sub> pouco alterados relevando a importância da radiação UV-C nesse processo.

## 5. CONCLUSÕES

A exposição dos frutos de araçá à irradiação ultravioleta (UV-C) promove significativas melhorias em suas propriedades qualitativas mantendo sua vida útil com boas condições de consumo e ausência de podridões por até 8 dias quando armazenado em condição de temperatura ambiente.

Destaca-se o tempo de exposição dos frutos por 3 minutos, suficiente para induzir estresse capaz de reduzir o metabolismo respiratório dos frutos e consequentemente menor evolução do processo de maturação.

## 6. REFERÊNCIAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. (2012). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC.
- CAMPOS, A. J. de; VIETES, R.L. Ultravioleta (UVC) na conservação da qualidade de tomate. **Revista Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.16, n.2, p.20-26, 2009.
- CAVALCANTI, R. N.; VEGGI, P. C.; MEIRELES, M. A. A. Supercritical fluid extraction with a modifier of antioxidant compounds from jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) byproducts: economic viability. **Procedia Food Science**. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11). v. 1, p. 1672-1678, 2011.
- CIA, P.; BENATO, E.A.; VALENTINI, S.R. T.; ANJOS, V.D. A.; PONZO, F.S.; SANCHES, J.; TERRA, M.M. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'Niagara Rosada'. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1009-1015, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000400022>
- CHEN, J.; WANG, X. Experimental instruction of plant physiology. **South China University of Technology Press**, Guangzhou, p. 124, 2002.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 783p. 2005.
- COSTA, L.; ARIEL, V. R.; CIVELLO, P. M.; CHAVES, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 204-210, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.10.012>
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; CARVALHO, L. R. de.; FUMES, J. G. F. Pós-colheita do abacate "Hass" submetido a radiação UV-C. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v. 7, n. 2, p. 149-160, 2013.
- ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme and decay in strawberries fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 163-171, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.028>

- FALGUERA, V.; PAGÁN, J.; GARZA, S.; GARVÍN, A.; IBARZ, A. Ultraviolet processing of liquid food: a review. Part 2: effects on microorganisms and on food components and properties. **Food Research International**, Netherlands, v. 44, n. 6, p. 1580-1588, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.025>
- FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. de O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUZA-SILVA, J. C. **Araças do Gênero *Psidium*: Principais espécies, ocorrência, descrição e usos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 48p. (Documentos, 226)
- GONZÁLES-BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Campinas, v. 10, p. 374-382, 2009.
- LIU, C.; JAHANGIR, M. M.; YING, T. Alleviation of chilling injury in postharvest tomato fruit by preconditioning with ultraviolet irradiation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, p. 3016-3022, 2012. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5717>
- MARQUES, K. M.; MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, M. F. B.; GALATI, V. C.; DURIGAN, J. F. Associação da radiação ultravioleta e de revestimentos na conservação de mangas 'palmer' previamente armazenadas sob condição promotora de injúria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 4., 2013. **Anais...** Ribeirão Preto, 2013.
- MELO, A. P. C. de.; SELEGUINI, A.; VELOSO, V. da. R. S. Caracterização física e química de frutos de araçá (*Psidium guineense* Swartz). **Comunicata Scientiae**, Teresina, v. 4, n.1, p. 91-95, 2013.
- MOTA, W. F.; SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, M. C. T.; CECON, P. R. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 049-052, 2002.
- NERI-NUMA, I. A.; CARVALHO-SILVA, L. B.; MORALES, J. P.; MALTA, L. G.; MURAMOTO, M. T.; FERREIRA, J. E.; CARVALHO, J. E. de; RUIZ, A. L.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh - Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, Barking, v. 50, n. 1, p. 70-76, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.032>
- PALIYATH, G.; MURR, D.P.; HANDA, A.K.; LURIE, S. **Postharvest biology and technology of fruit, vegetables, and flowers**. Ames: Wiley Blackwell, 2008. 497 p.
- POMBO M. A.; DOTTO, M.; MARTINEZ, G. A.; CIVELLO, P. M. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 141-148, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.007>
- PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. de. O.; VIZZOTTO, M. F.; SIMONE, H. Characterization and Antioxidant Potential of Brazilian Fruits from the Myrtaceae Family. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 3061-3067, 2012. <https://doi.org/10.1021/jf205263f>
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington DC: ILSI Press, 2001. 64p.
- SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da.; 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 Cândido Rondon, v. 15, n. 3, p. 338-344, 2016. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n3p338-344>
- SHEN, Y.; SUN, Y.; QIAO, L.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsu mamandar induring refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 76, 50-57, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.006>
- SILVA, G. G. da; MORAIS, P. L. D. de; ROCHA, R. H. C.; SANTOS, E. C. dos; SARMENTO, J. D. A. Caracterização do fruto de cajaranazeira em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 159-163, 2009.
- SOUZA, K. D.; DIAS, S. A. A.; SANTOS, C. E. S.; CINTRA, L. M.; ALMEIDA, R. R.; CAMPOS, A. J. Radiação uv-c na qualidade pós-colheita de pinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, XXV, 2016. **Anais...** Gramado, RS, 2016. 4p.
- SOUZA, A. V.; KOHATSU, D. S.; LIMA, G. P. P.; VIEITES, R. L. Conservação pós-colheita de pêssego com o uso da refrigeração e da irradiação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 31, n. 4, p. 1184-1189, 2009.
- TIBOLA, C. S.; MALGARIM, M. B.; ZAICOVSKI, C. B.; PEGORARO, C.; CERO, J.; FERRI, V. C. Luz ultravioleta na inibição de podridões pós-colheita de morangos (*Fragaria ananassa*, Duch.) 'Camarosa'. **Revista Brasileira Agroviência**, Pelotas, v. 13, n. 4, p. 509- 512, 2007.
- TIECHER, A.; PEGORARO, C.; FRANCO, J. J.; BORGES, C. T.; ROMBALDI, C. V.; MANICA-BERTO, R.; AZAMBUJA, R. H. M. Efeito da radiação ultravioleta-C no controle de *Monilinia fruticola*. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 50-55, 2010. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT20101304108>
- VIANA, E. de S.; JESUS, J. L. de; REIS, R. C.; FONSECA, M. D.; SACRAMENTO, C. K. do. Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012.
- WILLE, G. M.; MACEDO, R. E.; MASSON, M. L.; STERTZ, S. C.; NETO, R. C.; LIMA, J. M. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1360-1366, 2004.