

VANDER ROCHA LACERDA

**IRRADIAÇÃO GAMA NA PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE PITAYA VERMELHA
DE POLPA BRANCA**

Botucatu

2020

VANDER ROCHA LACERDA

**IRRADIAÇÃO GAMA NA PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE PITAYA VERMELHA
DE POLPA BRANCA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Rogério Lopes Vieites

Botucatu

2020

L131i	<p>Lacerda, Vander Rocha</p> <p>Irradiação gama na pós-colheita dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca / Vander Rocha Lacerda. -- Botucatu, 2020</p> <p>99 p. : tabs., fotos</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu</p> <p>Orientador: Rogério Lopes Vieites</p> <p>1. Tecnologia pós-colheita. 2. Antioxidantes. 3. Metabolismo secundário. 4. Alimentos conservação por radiação. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IRRADIAÇÃO GAMA NA PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS DE PITAYA VERMELHA DE POLPA BRANCA

AUTOR: VANDER ROCHA LACERDA

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Dr.^a ELISANGELA MARQUES JERONIMO TORRES
/ APTA - Polo Regional Centro Oeste - Bauru

Prof.^a Dr.^a ANGELA VACARO DE SOUZA
Coordenadoria do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã

Botucatu, 19 de fevereiro de 2020

*Aos meus amados pais, Socorro e Joaquim,
ao meu irmão Wagner
e a toda minha família Rocha Lacerda
dedico*

AGRADECIMENTOS

Ao glorioso Deus.

Aos meus queridos pais, Socorro e Joaquim, e ao meu irmão Wagner, pelo apoio incondicional. À técnica de laboratório, Márcia, por estar sempre disposta a resolver tudo o que precisei, aos colegas de laboratório Juliana, Andres, Leandro, Karina, Kamila, Henrique, pela ajuda na realização do experimento. À Prof. Dra. Regina, ao Prof. Dr. Fernando Broeto, Prof. Dr. Fernando Putti, Prof. Dr. Paulo Sérgio Lopes, aos amigos, Ariel, Juan, Mara e Renan. E um agradecimento especial para Francielle pelo carinho em todas as fases da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rogério, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

Ao Dr. Narita da Apta Presidente Prudente-SP, por possibilitar a aquisição dos frutos.

A colaboração prestada pelo Centro de Tecnologia das Radiações – CTR IPEN/CNEN – SP, pela radiação nos frutos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio a pesquisa.

“A sabedoria é a coisa principal; adquira, pois, a sabedoria, empregue tudo o que você possui para a aquisição de entendimento. ”

Provérbios 4:7

RESUMO

A pitaya vermelha de polpa branca é uma fruta que vem conquistando o mercado devido a sua alta aceitação pelos consumidores e seus benefícios para a saúde. Objetivou-se avaliar a conservação pós-colheita dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca durante o armazenamento refrigerado, após serem submetidos a diferentes doses de irradiação gama, visando a preservação da qualidade, bem como verificar as alterações no metabolismo secundário quanto aos compostos bioativos, e também identificar o melhor solvente extrator e o melhor peso da amostra, na extração de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos. Os frutos foram colhidos em um pomar comercial localizado no município de Presidente Prudente-SP, e em seguida transportados para o Departamento de Horticultura da FCA-UNESP. Os frutos embalados foram transportados para o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, onde foram submetidos as doses de irradiação gama. Após, foram armazenados em câmara fria no Departamento de Horticultura, onde foram realizadas as análises físico-químicas da polpa e bioquímicas da casca e polpa dos frutos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 5, cinco doses de irradiação (0 KGy, 0,3 KGy, 0,6 KGy, 0,9 KGy e 1,2 KGy) e cinco dias de avaliação (zero, 5, 10, 15 e 20 dias). O delineamento para otimização da extração de compostos bioativos e atividade antioxidante foi o inteiramente casualizado com fator único e três repetições. A utilização da irradiação gama, combinada ao armazenamento refrigerado são métodos viáveis para conservação da pitaya por um período de 15 dias para consumo *in natura* e 20 dias para processamento industrial. As doses 0,9 e 1,2 kGy reduziram a deterioração dos frutos e mantiveram a qualidade e os atributos sensoriais. As doses 0,6 e 0,9 kGy preservaram o teor de compostos bioativos. As condições ótimas de extração dos compostos bioativos e atividade antioxidante da pitaya foram: extrator acetona para os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, e o etanol para flavonoides totais, sendo o peso ideal da amostra de 0,5 g.

Palavras-chave: *Hylocereus undatus* (Haw.). Metabolismo secundário. Qualidade. Compostos bioativos. Extrator bioquímico.

ABSTRACT

Red pitaya with white pulp is a fruit that has been conquering the market due to its high acceptance by consumers and its health benefits. The objective was to evaluate the postharvest conservation period of the fruits of the red white pulpy pitaya after being subjected to different doses of gamma irradiation, aiming at the preservation of the quality, as well as verifying the alterations in the secondary metabolism regarding the bioactive compounds, and also identify the best extractor solvent and the best weight of the sample, in the extraction of bioactive compounds and antioxidant activity of the fruits. The fruits were harvested in a commercial orchard located in the municipality of Presidente Prudente-SP, and then transported to the Horticulture Department of FCA-UNESP. The packaged fruits were transported to the Energy and Nuclear Research Institute, where they were subjected to gamma irradiation doses. Afterwards, they were stored in a cold chamber at the Horticulture Department, where the physical-chemical analyzes of the pulp and biochemical analyzes of the skin and fruit pulp were carried out. The experimental design was completely randomized in a 5 x 5 factorial scheme, five irradiation doses (0 KGy, 0.3 KGy, 0.6 KGy, 0.9 KGy and 1.2 KGy) and five evaluation days (zero, 5, 10, 15 and 20 days). The design for optimizing the extraction of bioactive compounds and antioxidant activity was completely randomized with a single factor and three replications. The use of gamma irradiation, combined with cold storage are viable methods for preserving pitaya for a period of 15 days for fresh consumption and 20 days for industrial processing. The doses 0.9 and 1.2 kGy reduced the deterioration of the fruits and maintained the quality and sensory attributes. The 0.6 and 0.9 kGy doses preserved the content of bioactive compounds. The optimal conditions for the extraction of bioactive compounds and the antioxidant activity of pitaya were: acetone extractor for total phenolic compounds and antioxidant activity, and ethanol for total flavonoids, the ideal sample weight being 0.5 g.

Keywords: *Hylocereus undatus* (Haw.). Secondary metabolism. Quality. Bioactive compounds. Biochemical extractor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radura, símbolo internacional para indicar que o alimento foi irradiado...	31
Figura 2 - Colheita dos frutos de pitaya em Presidente Prudente-SP.	35
Figura 3 - Embalagem dos frutos e acondicionamento em caixas de papelão revestidas com isopor.....	36
Figura 4 - Configuração do irradiador para cada dose requerida, e as caixas com adesivo indicador químico gama garantindo que os frutos receberam a irradiação.....	37
Figura 5 - Armazenamento em câmara fria (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %).	37
Figura 6 – Fluxograma do experimento desde a colheita dos frutos de pitaya até o armazenamento em câmara fria.....	38
Figura 7 - Diagrama CIELAB com a sequência de nuances de cores e orientação do ângulo hue (Adaptado por ADRIANO et al. 2011 de CHITARRA e CHITARRA, 2005).	44
Figura 8 - Perda de massa (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	53
Figura 9 - Taxa respiratória ml ($\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.....	54
Figura 10 - Firmeza (Newton - N) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	55
Figura 11 - Espessura da casca (mm) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	56
Figura 12 - Rendimento de polpa (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	57
Figura 13 – Perfil da cor instrumental da casca dos frutos, reproduzido pelo diagrama CIELAB, conforme a Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue da casca dos frutos da pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.....	59
Figura 14 - Perfil da cor instrumental da polpa dos frutos, reproduzido pelo diagrama CIELAB de acordo com a Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue da polpa dos frutos da pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.....	60

Figura 15 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	62
Figura 16 - Sólidos solúveis (°Brix) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	63
Figura 17 - Acidez titulável (% ácido málico polpa fresca) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	64
Figura 18 – Índice de maturação (Ratio) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	65
Figura 19 - Açúcar redutor (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	66
Figura 20 - Ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	67
Figura 21 - Proteínas solúveis ($\text{mg } \text{g}^{-1}$ MFF) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	68
Figura 22 - Efeito dos tipos de solventes extratores e pesos das amostras de polpa de pitaya na extração de compostos fenólicos totais ($\text{mg ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) figuras A e D, flavonoides totais ($\text{mg rutina } 100 \text{ g}^{-1}$) figuras B e E, e atividade antioxidante (% de DPPH reduzido) figuras C e F.	69
Figura 23 - Compostos fenólicos totais - CFT ($\text{mg de ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	71
Figura 24 – Flavonoides totais - FT ($\text{mg de rutina } 100 \text{ g}^{-1}$) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	72
Figura 25 - Atividade antioxidante - AA (% de DPPH reduzido) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	73
Figura 26 - Gênero e faixa etária dos avaliadores dos frutos da análise sensorial. ...	74

Figura 27 - Conhecimento, quanto ao fruto da pitaya, dos avaliadores, de ambos os gêneros e de cada gênero, na análise sensorial.	75
Figura 28 - Consumo do fruto, se já consumiu ou não, pelos avaliadores de ambos os gêneros e de cada gênero, na análise sensorial.	75
Figura 29 - Frutos da pitaya vermelha de polpa branca tratados com doses de irradiação gama e armazenados em câmara fria (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	76
Figura 30 – Médias das notas atribuídas pelos avaliadores de ambos os gêneros na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	77
Figura 31 - Médias das notas atribuídas pelas avaliadoras do gênero feminino na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.....	78
Figura 32 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores do gênero masculino na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.....	78
Figura 33 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores de ambos os gêneros na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	79
Figura 34 – Médias das notas atribuídas pelas avaliadoras do gênero feminino na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	80
Figura 35 – Médias das notas atribuídas pelos avaliadores do gênero masculino na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características nutricionais da pitaya.....	28
Tabela 2 – Caracterização centesimal (%) da casca e polpa dos frutos de pitaya no dia zero sem irradiação.....	51
Tabela 3 – ANOVA das variáveis com doses de irradiação, dias e a interação entre os fatores. ns representa não significativo; * representa $P \leq 0,05$ e ** representa $P \leq 0,01$	52
Tabela 4 – Cor da casca do fruto da pitaya, Luminosidade, Croma e $^{\circ}Hue$	58
Tabela 5 – Cor da polpa do fruto da pitaya, Luminosidade, Croma e $^{\circ}Hue$	61
Tabela 6 – Estimativas das correlações de Pearson das variáveis físicas, físico-químicas e sensoriais.....	81
Tabela 7 – Estimativas das correlações de Pearson dos compostos bioativos a atividade antioxidante.....	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	Origem, Aspectos Botânicos e Agronômicos da Pitaya	25
2.2	Colheita e pós-colheita da Pitaya	26
2.3	Composição química e valor nutricional da pitaya	27
2.4	Metabolismo secundário de frutas e hortaliças	28
2.5	Radiação gama nos frutos	30
2.6	Análise sensorial da pitaya	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Colheita dos frutos	35
3.2	Caracterização da composição centesimal dos frutos	39
3.2.1	Umidade	39
3.2.2	Fibra Bruta.....	39
3.2.3	Lipídeos	40
3.2.4	Proteína bruta.....	40
3.2.5	Quilocalorias (kcal)	40
3.2.6	Cinzas	41
3.3	Grupo não destrutivo	41
3.3.1	Perda de Massa	41
3.3.2	Taxa respiratória.....	41
3.4	Grupo Destrutivo	42
3.4.1	Firmeza.....	42
3.4.2	Rendimento de Polpa	42
3.4.3	Espessura da casca	42
3.4.4	Cor instrumental	43
3.5	Análises químicas e bioquímicas dos frutos	44
3.5.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	44
3.5.2	Sólidos Solúveis (SS)	45
3.5.3	Acidez titulável (AT).....	45
3.5.4	Índice de maturação (<i>Ratio</i> SS/AT)	45
3.5.5	Determinação dos açúcares redutores (AR).....	45
3.5.6	Ácido Ascórbico	45
3.5.7	Proteínas solúveis	46
3.5.8	Compostos Fenólicos Totais, Flavonoides e Atividade Antioxidante pelo método DPPH da polpa e casca.....	46
3.5.8.1	<i>Adaptação do preparo dos extratos e reações</i>	46
3.5.8.2	<i>Compostos Fenólicos Totais</i>	47
3.5.8.3	<i>Flavonoides totais</i>	48
3.5.8.4	<i>Atividade Antioxidante pelo método DPPH</i>	48
3.6	Análise Sensorial	49
3.7	Delineamento Experimental	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	85

1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta tropical de cactos colunares hemiepífitos da família Cactaceae de origem neotropical e amplamente distribuída pelo mundo. Possui florescência noturna, hábito variado, sendo seu fruto conhecido por vários nomes comerciais e nativos, sendo os mais comuns mundialmente, 'pitahaya' ou 'dragon fruit (fruta do dragão)' (ORTIZ-HERNANDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012) e no Brasil, pitaya (DE MENEZES et al., 2015).

A pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) é uma das espécies mais cultivadas no Brasil, e vem despertando grande interesse por parte dos produtores por sua alta capacidade produtiva e pela grande aceitação no mercado de exportação, proporcionando ganhos econômicos altamente compensatórios, além de constituir uma excelente fonte de nutrientes. O interior do estado de São Paulo apresenta características climáticas favoráveis à implantação da cultura de pitaya, o que já vem ocorrendo, com bons resultados (FERNANDES, 2011).

A TRIDGE (2019) indicou que em meados de agosto de 2019 o preço médio global da pitaya foi de US\$ 5,6 por kg. Na safra 2018/2019, de acordo com o CEASA ABC/SP e CEASA Campinas/SP, no início e final da produção, que há menos oferta, a pitaya pode atingir valores em torno de R\$ 45,00/kg da fruta fresca ou R\$ 8,00 a R\$ 9,00/unidade e ao longo da safra, de dezembro a maio, mantém o preço médio em torno de R\$ 35,00/kg, dependendo da espécie. Nas regiões norte e nordeste do Brasil a safra começa em agosto e vai até março.

Pesquisas pós-colheita mostram que a pitaya, sob condições ambientais, se deteriora com relativa facilidade. Além disso, a perda de massa, murchamento das brácteas e distúrbios fisiológicos resultam em rápida deterioração e reduzida vida útil (ZAHID et al., 2013). Como resultado, o período para comercialização após a colheita é curto, aproximadamente seis a oito dias à temperatura ambiente (NERD; MIZRAHI, 1997).

Em estudo realizado por Lim et al. (2010), os autores demonstraram que microrganismos como a *Salmonella* spp. poderiam crescer em pitaya recém-colhidas em condições inadequadas de armazenamento, indicando que a colheita de frutas frescas poderia atuar como um veículo potencial para a salmonelose.

As perdas na pós-colheita de frutas no Brasil podem chegar a 40%, dependendo da fruta, tipo de colheita, forma de transporte, infecção por patógenos,

processamento e armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005; JUNQUEIRA et al., 2003).

As radiações gama do Cobalto-60 (Co-60) são radiações eletromagnéticas, com propriedades básicas de absorção representadas pela diminuição exponencial nas intensidades das radiações que, ao passarem pela matéria (fruto) propiciam alto poder de penetração, sem deixar resíduos, efetivamente utilizados mundialmente na agroindústria (CALVO, 2005).

Essa tecnologia é capaz de inibir o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (KAFERSTEIN; MOY, 1993) e aumentar o tempo de vida útil de produtos hortícolas (LOAHARANU, 1994), portanto é uma técnica promissora no Brasil que permite reduzir perdas pós-colheita e manter a qualidade dos produtos. Efeito positivo da irradiação gama também foi relatado na prevenção da deterioração pós-colheita do morango (ALEXANDRE et al., 2012) e na elevação das propriedades antioxidantes da framboesa (VERDE et al., 2013).

Apesar do perfil fenólico da pitaya que há na literatura (FATHORDOOBADY et al., 2016; SOM et al., 2019), não há estudos sobre o efeito de parâmetros de extração na recuperação de compostos fenólicos e atividade antioxidante de frutos de pitaya, bem como análises de qualidade e aparência em frutos de cultivo convencional submetidos a irradiação gama, destacando a melhor dose para conservação dos frutos.

Diante disso, objetivou-se avaliar a conservação pós-colheita dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca durante o armazenamento refrigerado, após a aplicação de diferentes doses de irradiação gama cobalto-60, visando a preservação da qualidade, bem como verificar as alterações no metabolismo secundário quanto aos compostos bioativos; e também identificar o melhor solvente extrator e o melhor peso da amostra, na extração de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, Aspectos Botânicos e Agronômicos da Pitaya

A pitaya pertence a família Cactaceae, com diversas espécies, sendo agrupados em quatro gêneros principais: *Cereus* (MILL), *Selenicereus* (BERGER A.) Riccob, *Hylocereus* (BRITTON; ROSE) e *Stenocereus* (BRITTON; ROSE, 1963; MIZRAHI et al., 1997).

Essas espécies mais cultivadas podem ser diferenciadas pelas cores da casca e polpa (NERD; GUTMAN; MIZRAHI, 1999): casca vermelha e polpa branca [*Hylocereus undatus* (Haworth) Britton e Rose e *Hylocereus trigonus* (Haw.) Saff.]; casca vermelha e polpa vermelha [*Hylocereus purpusii* (Weing.) Britton e Rose, *Hylocereus costaricensis* (Weber) Britton e Rose e *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton e Rose]; casca amarela e polpa branca [*Hylocereus megalanthus* (K. Schumann ex Vaupel) Ralf Bauer] (LE BELLEC, VAILLANT, IMBERT, 2006); e também a pitaya-do-cerrado ou pitaya saborosa, casca vermelho escuro e polpa branca [*Selenicereus setaceus* (RIZZ)].

Tem como origem as regiões de florestas tropicais do México, América Central e América do Sul, posteriormente foi introduzida nos demais continentes (FLORA OF CHINA, 2015; GLOBAL COMPENDIUM, 2015). Também há espécies de ocorrência em áreas de Cerrado e acredita-se que o Brasil seja um dos centros de origens das pitayas (JUNQUEIRA et al., 2010). Outras espécies como a *Hylocereus polyrhizus* foram introduzidas, como também a espécie *Selenicereus setaceus*, (JUNQUEIRA et al., 2002). A espécie *Hylocereus undatus* passou a ser cultivada na década de 1990, no estado de São Paulo (NUNES et al., 2014).

A produção mundial total é de cerca de 1 milhão de toneladas, sendo os EUA o principal país importador e a Europa o principal continente importador (MERCADO-SILVA, 2018). Hoat et al. (2018) mencionam que o Vietnã é o principal produtor mundial, com produção em 2015 de aproximadamente 686.195,40 toneladas. A área de plantação da pitaya no Vietnã cresceu grandemente de 6.000 para 50.000 hectares (ha) nas últimas décadas (TEL ZUR, 2015). As frutas são comuns nos supermercados locais e são exportadas para a Ásia e Europa (NERD et al., 2002).

O Brasil, em 2017, produziu cerca de 1.493,19 toneladas de pitaya, em 3.086 estabelecimentos agropecuários (IBGE, 2017). O Sudeste do Brasil tornou-se a

principal produtora de pitaya do país em razão das boas condições climáticas para a cultura (NUNES et al., 2014).

Em relação aos estados do Brasil, em 2017 o Estado de São Paulo se destacou como o maior produtor da cultura com 516,20 toneladas no ano, seguido por Santa Catarina (328,49 toneladas), Minas Gerais (185,91 toneladas) e o Estado do Pará (156,39 toneladas) (IBGE, 2017; FRÓES et al., 2019). Um aspecto que aparenta ter contribuído para o aumento da produção na região do Estado de São Paulo é a mudança de comportamento do consumidor, que segundo o SEBRAE (2017), começou a se interessar mais pelo consumo de frutas exóticas.

Em seu hábitat, a planta apresenta-se predominantemente como espécie de metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), embora sob condições de sombreamento tenha a capacidade de efetuar CAM cíclico. Devido à sua rusticidade, a pitaya é uma alternativa com potencial agrônômico, econômico e nutricional em terrenos rasos, arenosos e pedregosos (SANTOS et al., 2010; COSTA et al., 2014).

2.2 Colheita e pós-colheita da Pitaya

O índice de maturação (*ratio*) mais adequado para a colheita da pitaya é entre os dias 34 e 38 após a antese, uma vez que concilia a qualidade sensorial, principalmente a coloração, e características físico-químicas mais adequadas para o consumo. Ultrapassando os 38 dias após a antese, ocorre uma perda na qualidade externa devido à murcha das brácteas e descoloração da casca, embora a parte interna da fruta ainda tenha qualidade satisfatória para o consumo, com excelentes condições para a indústria (MAGALHÃES et al., 2019).

Os frutos são classificados como não climatéricos e são sensíveis à injúrias causadas pelo frio, em temperaturas abaixo de 10 °C (ZEE et al., 2004). Desta forma, devem estar no estágio ótimo de amadurecimento comestível à época da colheita e para que apresentem maior qualidade, devem ser deixados na planta até atingirem as características desejáveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Frutos de pitaya provenientes de plantas cultivadas com adubação orgânica correspondem positivamente aos parâmetros de qualidade, atenuando a perda de qualidade durante o período de armazenamento refrigerado, a 13 °C por 21 dias, resultando em frutos mais firmes, com menor perda de luminosidade, menor alteração do ângulo *°hue* da cor, maiores teores de sólidos solúveis e açúcares

(DUARTE et al., 2017).

Diferentes doenças fúngicas (*Gloeosporium agaves*, *Bipolaris* sp. *Macssonina agaves*, *Dothiorella* sp. e *Botryosphaeria dothidea*), virais (*Cactus virus X*) e bacterianas (*Xanthomonas* sp. e *Erwinia* sp.) também são relatadas na literatura e podem ter grandes consequências (N'GUYEN, 1996; BARBEAU, 1990), podendo causar grandes perdas pós-colheita. Há relatos também dos fungos *Aecidium* (INVASIVEORG, 2015) e *Fusicoccum* sp. da família Botryosphaeriaceae (VALENCIA-BOTIN et al., 2005).

Outras doenças de plantas de menor importância são: Oídio (*Helminthosporium* sp.), Podridão-mole (*Fusarium* sp.) e bolor verde em frutos, causado por um complexo fúngico de *Penicillium* sp., *Volutella* sp. e *Corynespora* sp. Até então estas doenças foram relatadas na Nicarágua (VALENCIA-BOTIN et al., 2013), porém, com o aumento das vendas de mudas sem certificação pelo mundo todo, estas doenças estão sendo disseminadas.

2.3 Composição química e valor nutricional da pitaya

Nos últimos anos, a pitaya tem atraído mais atenção em todo o mundo, não só devido as suas propriedades sensoriais e importância econômica, mas também pelo seu alto conteúdo de fenóis, consequentemente elevada atividade antioxidante (LI et al., 2017). O fruto tem sabor inerente e levemente doce, tem boa quantidade de vitamina C e a polpa tem alta concentração de fibras, com excelentes qualidades digestivas e de baixo teor calórico, além de muitas sementes com ação laxante (RODRIGUES, 2010).

A pitaya possui características físicas, químicas e nutricionais adequadas para o consumo *in natura*, destacando-se o alto valor de firmeza da casca, baixo teor de acidez e o teor de sólidos solúveis próximo ao observado para outras espécies do gênero, além de valores significativos de minerais, como o cálcio, o potássio e o ferro (CORDEIRO et al., 2015).

Os estudos sobre sua composição nutricional demonstram que a pitaya não apresenta um conteúdo diferenciado se compararmos com outras frutas, principalmente com frutas tropicais. A pitaya contém muita umidade, poucos lipídios e proteínas, maior quantidade de carboidratos, e quantidades de minerais e de vitaminas (Tabela 1) que não se destacam em relação a outras frutas (DIAS, 2016).

Tabela 1 - Características nutricionais em 100 g⁻¹ de matéria fresca, observadas na casca e polpa de frutos de pitaya *Hylocereus undatus*.

	Casca	Polpa
Água	87 g	86 g
Proteína	0,78 g	1,1 g
Lipídeos	0,08 g	0,4 g
Açúcares	1 g	8,45 g
Fibras	5,9 g	3 g
Vitamina B1 (Tiamina)	-	0,4 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	-	0,05 mg
Vitamina B3 (Niacina)	-	0,16 mg
Vitamina C (Ácido Ascórbico)	24 mg	20,5 mg
Cálcio (Ca)	-	8,5 mg
Ferro (Fe)	-	1,9 mg
Fósforo (P)	-	22.5 mg

Abreu et al. (2012); Charrondiere et al. FAO INFOODS (2013).

A pitaya apresenta também propriedades medicinais em estudos, como amenização de gastrites, prevenção contra o câncer de cólon, diabetes, neutralização de substâncias tóxicas como metais pesados, redução dos níveis de colesterol e pressão alta (LIMA, 2013).

2.4 Metabolismo secundário de frutas e hortaliças

O crescente número de pesquisas com este fruto é devido a quantidade e diversidade de compostos bioativos e pigmentos. Esses metabólitos secundários nos vegetais podem estar relacionados com sazonalidade, ritmo circadiano, desenvolvimento e respostas a estresses bióticos ou abióticos. Nos seres humanos, em baixas concentrações, desempenham um importante papel de proteção como agentes antioxidantes, capazes de retardar ou inibir a oxidação de diversos substratos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; NUNES et al., 2014).

Dentre os metabólitos secundários estão os compostos fenólicos, que podem ser produzidos em maior quantidade quando o vegetal se encontra em condição de estresse como infecções, ferimento ou incidência de radiação ultravioleta, por

exemplo (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; SOUZA, 2013).

A pitaya contém polifenóis, compreendendo fenóis simples, e flavonoides. Os flavonoides possuem um anel aromático, bem como um ou mais grupos hidroxila e desempenham um papel notável na capacidade antioxidante das plantas (VISIOLI et al., 2011).

A extração de compostos fenólicos da matriz vegetal é influenciada por diversos fatores, como sua natureza química, o método de extração utilizado, o tamanho das partículas, as condições de armazenamento e a presença de substâncias interferentes (NACZK; SHAHIDI, 2004). As polaridades dos compostos fenólicos variam muito e é difícil desenvolver um método único para a extração eficiente de todos os compostos fenólicos (MOKRANI; MADANI, 2016). Portanto, a otimização do processo de extração é fundamental para uma avaliação precisa dos compostos fenólicos de diferentes matrizes alimentares (GARCIA-SALAS et al., 2010).

A pitaya se destaca também pela alta capacidade antioxidante proporcionada pelos pigmentos denominados betalaínas, responsáveis pela coloração púrpura característica das pitayas vermelhas de polpa vermelha e da casca da pitaya vermelha de polpa branca, uma vez que na polpa branca não há betalaínas (WONG & SIOW, 2015; LIAOTRAKOON et al., 2012).

Ao contrário de antocianinas e carotenoides, que são amplamente distribuídos no reino vegetal, as betalaínas são pigmentos restritos a algumas famílias da ordem Caryophyllales, incluindo plantas de interesse agrônomico e ornamental, como a beterraba, o espinafre, algumas espécies de cactos como a pitaya, a maravilha (*Mirabilis jalapa*), além de alguns fungos dos gêneros *Amanita* e *Hygrocybe* (GANDIA-HERRERO et al., 2005; HATLESTAD et al., 2012).

A ausência de antocianinas em plantas que biossintetizam betalaínas, bem como o inverso, sugere que a ocorrência desses pigmentos é mutuamente exclusiva em plantas (BROCKINGTON et al., 2011). Diversas hipóteses têm sido postuladas para explicar filogeneticamente a ocorrência restrita de betalaínas e o fato de betalaínas e antocianinas nunca estarem presentes na mesma planta. Entretanto, os mecanismos bioquímicos e evolutivos envolvidos neste fenômeno são pouco compreendidos (BROCKINGTON et al., 2011).

Sua rota biossintética consiste em várias reações enzimáticas e espontâneas. As betalaínas são sintetizadas no citoplasma e armazenadas em vacúolos. O ponto

de partida da via biossintética é o aminoácido tirosina, embora a tiramina também possa funcionar para algumas outras betalainas (CONTRERAS, 2019).

Sua função na natureza é dar cor às flores e frutos e principalmente, atrair polinizadores e ajudar na dispersão de sementes. Também foi observado que eles são agentes protetores induzidos pela radiação UV em algumas espécies ou por infecções virais na beterraba, por exemplo (GEORGIEV et al. 2008; PAVOKOVI; KRSNIK-RASOL 2011; NAKATSUKA et al. 2013). As betalainas atraíram um interesse especial devido a suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígenas. Elas também são quimicamente estáveis em uma faixa de pH mais ampla que outros pigmentos vegetais (GEORGIEV et al., 2008; PAVOKOVI; KRSNIK-RASOL, 2011).

2.5 Radiação gama nos frutos

O termo radiação designa o fenômeno físico pelo qual a energia radiante se move através do espaço ou matéria na forma de ondas eletromagnéticas (ANDREWS, et al., 1998). Os tipos de radiação são divididos pelo seu comprimento de onda, e as ondas curtas tornam-se mais eficazes na destruição de microrganismos (VIEITES, 2009).

A irradiação gama é utilizada como método alternativo, aos tratamentos químicos, para eliminar germes e insetos, evitar a germinação de tubérculos, causar alterações enzimáticas e prolongar a vida útil de vários tipos de frutas e vegetais na pós-colheita (KHAN et al., 2012).

A tecnologia de irradiação de alimentos é aprovada em aproximadamente 60 países. O interesse por essa tecnologia e o número de instalações de irradiação está aumentando, principalmente como consequência do aumento do comércio internacional de alimentos. A China irradia 70% de todos os alimentos irradiados da Ásia, principalmente alho, especiarias, frutas e vegetais desidratados (PRAKASH e PAZ, 2019).

Os Estados Unidos importam muitas frutas irradiadas, incluindo mangas, longanas, mangostões, lichias, rambutão, pitayas, goiabas, limas doces, toranjas e maçãs de países como Índia, Tailândia, Vietnã e México. O México está irradiando principalmente goiabas, pimenta chili e maçã para exportação; no entanto, pequenas quantidades de outras frutas como carambolas, frutas cítricas, romã, figos, manga e

pitayas (66 toneladas em 2015) também são tratadas neste país. No Vietnã em 2015 foram irradiadas 2 mil toneladas de pitaya (PRAKASH e PAZ, 2019).

A Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos, exige que nos rótulos de alimentos irradiados contenham o símbolo da irradiação, a radura (Figura 1) e a declaração “tratado com irradiação”.

Figura 1 - Radura, símbolo internacional para indicar que o alimento foi irradiado.



Fonte: Food and Drug Administration (FDA, 1986)

O CNEN - IPEN-SP (Comissão Nacional de Energia Nuclear - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) projetou e construiu o irradiador semi-industrial do tipo compacto, chamado “Multipropósito”, pois pode irradiar diversos tipos de alimentos e materiais, e também pode irradiar dentro da água, onde as fontes ficam recolhidas e blindadas. O irradiador “multipropósito” utiliza fontes de Cobalto-60 em formato de lápis e as fontes são colocadas em uma grade chamada de Rack (FERREIRA, 2009).

Dentre as variáveis controladas na irradiação de alimentos, a dose é a mais importante. Conforme a Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (ICRU), trata-se da quantidade de energia absorvida por uma determinada massa de alimento. Sua unidade internacional é o Gray (Gy) que corresponde à absorção de 1 Joule (J) por Quilograma (kg) de material absorvente (alimento). Para regular a dose absorvida, é necessário considerar a produção de energia da fonte por unidade de tempo, a distância entre a fonte, o produto e o tempo de exposição (ICRU, 2012; PEREDA, 2005; TEZOTTO-ULIANA et al., 2015).

Há três grupos principais de processos de irradiação em alimentos: radurização, radicação ou radiopasteurização e radapertização ou esterilização comercial. A radurização consiste em aplicações com doses baixas (menores que 1

kGy), objetivando inibir brotamentos, retardar o início da senescência e deterioração microbiana de frutas e hortaliças, e controle de infestação por insetos e ácaros. A radicação é aplicada com dose média (entre 1 kGy e 10 kGy), sendo ideal para pasteurizar sucos, retardar a deterioração de carnes frescas, o controle de *Salmonella* em produtos avícolas, entre outros, sem a necessidade de inspeção. Já a radapertização é aplicada em doses altas (entre 10 kGy e 45 kGy) para a esterilização de carnes e outros produtos processados, destruindo populações de microrganismos que promovem deterioração dos alimentos (MASTRO, 2015; PINTO; MOREIRA, 2018).

O Serviço de Inspeção de Plantas Vegetais do USDA (APHIS) permite a exportação de pitaya do Havaí após a irradiação com uma dose de 0,4 kGy ou dose de 0,15 kGy juntamente com inspeção de cochonilhas (*Dysmicoccus neobrevipes*, *Maconellicoccus hirsutus* e *Pseudococcus cryptus*) APHIS, 2008).

No Havaí, Frutos de pitaya irradiados a 0,8 kGy para controle da mosca da fruta da família Tephritidae e armazenadas a 10 ° C por 12 dias, retiveram a qualidade visual e de composição, o que seria suficiente para o transporte aéreo do Havaí para os mercados continentais dos EUA. Os exportadores que utilizam a irradiação para segurança de quarentena, desenvolvem mercados para a pitaya com a confiança de que a qualidade não será comprometida por doses de 0,8 kGy ou menos (WALL; KHAN, 2008).

No Brasil, segundo Fernandes (2011), os frutos de pitaya orgânica irradiados nas doses de 0,8 kGy e 1,0 kGy apresentam menores perdas de peso, e aos 20 dias de armazenamento, menores perdas de compostos fenólicos totais para os frutos irradiados 0,6 kGy; 0,8 kGy e 1,0 kGy, bem como o teor de vitamina C em frutos irradiados a 1,0 kGy.

A pitaya amarela colombiana (*Selenicereus megalanthus*) irradiada a 0,5 kGy, armazenada a 12 °C, apresenta menor perda de massa fresca e maior firmeza, comparada com os frutos não irradiados. Quanto às características físico-químicas para esta fruta irradiada, durante o período de armazenamento, há pequeno incremento no pH e diminuição dos sólidos solúveis, porém em geral se mantém constante, assim como a acidez titulável (PICO, 2016).

2.6 Análise sensorial da pitaya

A análise sensorial é normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) como a ciência utilizada para avaliar ou testar as características dos alimentos e materiais através dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (BRASIL, 2008).

Aspectos sensoriais como aparência, aroma, sabor e firmeza, são influenciados diretamente pelas características físico-químicas, são intimamente relacionados à qualidade do fruto da pitaya, sendo que os atributos sensoriais devem ser considerados em conjunto, pois são pouco representativos da qualidade se considerados isoladamente (FERNANDES et al., 2010).

Tendo em vista o mercado de frutos *in natura*, o consumidor brasileiro destaca a aparência como característica que apresenta maior influência sendo a mais relevante no momento da compra (TEIXEIRA et al., 2006; MIGUEL et al., 2007). Sendo a cor o principal atrativo de qualidade em frutos para o consumidor, pois é determinante na aquisição, e está associada com a maturação, frescor e também com o sabor (PACHECO et al., 2014).

Segundo Silva et al. (2017), as características sensoriais da pitaya cultivada no agreste meridional pernambucano, apresentam atributos bem aceitos pelos consumidores, confirmados pelo Índice de aceitabilidade superior a 70%, cor (83,97%), aparência do fruto inteiro (83,12%), impressão global (79,70%) e a textura (78,35%). Verificaram ainda que mais de 50% dos julgadores são dispostos a comprar o fruto e mais de 30% têm dúvida, o que leva a perceber a necessidade de maior divulgação do fruto, já que ele é exótico e pouco conhecido.

De acordo com aspectos sensoriais e pesquisa de mercado da pitaya no município de Parauapebas-PA, foi possível inferir que o mercado local apresenta grande aceitação. Todos os itens avaliados obtiveram mais de 80% de avaliações positivas, sendo classificados como ótimo ou bom, sendo importante destacar o aspecto da cor, com 98% de avaliações positivas, mostrando ser assim um grande atrativo na hora de comercializar a pitaya (CATUXO; COSTA, 2019).

Segundo Lessa (2019), no estado do Rio Grande do Sul, a aceitabilidade dos frutos da pitaya vermelha com polpa branca (*Hylocereus undatus*) e frutos de pitaya vermelha de polpa rosa (*Hylocereus costaricensis*), não há diferença significativa entre

estas espécies nas avaliações sensoriais. Mas foi verificada associação entre as variáveis sensoriais, aparência visual do fruto com a cor da casca e polpa, uma vez que, quando ocorre aumento na coloração característica do fruto, igualmente é verificado acréscimo na aparência visual desses frutos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Colheita dos frutos

Os frutos de pitaya branca comum (*Hylocereus undatus* Haw.), foram colhidos pela manhã em um pomar comercial localizado no município de Presidente Prudente, no estado de São Paulo, Brasil (latitude 22°3'21,24" S, longitude 51°21'35,16" W e 477,6 m de altitude). A colheita foi realizada no período entre o 34° e 38° dia após a antese floral, considerado entre os dias adequados para colheita, quanto à coloração, aparência e composição físico-química, segundo Magalhães et al. (2019).

Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas “hortifrúti” e transportados para o laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Horticultura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, SP (Figura 2).

Figura 2 - Colheita dos frutos de pitaya em Presidente Prudente-SP.



No dia seguinte ao da colheita, os frutos foram selecionados, isentos de injúrias e defeitos, padronizados em relação ao tamanho e coloração, com ausência de danos físicos. Em seguida foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido com dois frutos cada, revestidos e selados com filme de policloreto de vinila (espessura 0,020 mm) e resfriados a 12 ± 1 °C por 24 horas com UR 85 ± 5 %, para diminuir o estresse.

Posteriormente, as bandejas contendo os frutos foram acondicionados em caixas de papelão, com dimensões média de 30 cm x 30 cm x 40 para garantir homogeneidade das doses de irradiação a serem aplicadas, e revestidas com poliestireno expandido (isopor) para diminuir a oscilação de temperatura dos frutos (Figura 3). No dia posterior, de forma cuidadosa na manipulação, os frutos foram transportados para o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN- SP.

Figura 3 - Embalagem dos frutos e acondicionamento em caixas de papelão revestidas com isopor.



No IPEN, os frutos acondicionados nas caixas foram submetidos às doses de irradiação gama com Cobalto-60 (0,0 kGy; 0,3 kGy; 0,6 kGy; 0,9 kGy e 1,2 kGy). Os frutos foram distribuídos em média de três caixas para cada dose, de acordo a dimensão destas. Os frutos controle, da dose zero kGy (sem irradiação), também foram transportados para o IPEN, mantendo assim as mesmas condições que os demais. O irradiador utilizado foi o Multipropósito Cobalto-60 Semi-Industrial, classificado como tipo II e IV, de acordo com Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, 2005).

Para garantir que a sonda dosimétrica estivesse funcionando adequadamente para irradiar os frutos, foi efetuada a calibração da mesma. A calibração é definida como um conjunto de operações que estabelece, sob condições de referência, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidas por padrões. Após a calibração os frutos foram irradiados. Adesivos com indicadores químicos gama aderidos no exterior das caixas, mostraram que os frutos receberam a irradiação requerida adequadamente (Figura 4).

Figura 4 - Configuração do irradiador para cada dose requerida, e as caixas com adesivo indicador químico gama garantindo que os frutos receberam a irradiação.



Foto: Vander Lacerda (2019)

Imediatamente após a irradiação dos frutos, estes foram transportados de volta ao Departamento de Horticultura da Unesp e armazenados em câmara fria a 12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 % (Figura 5).

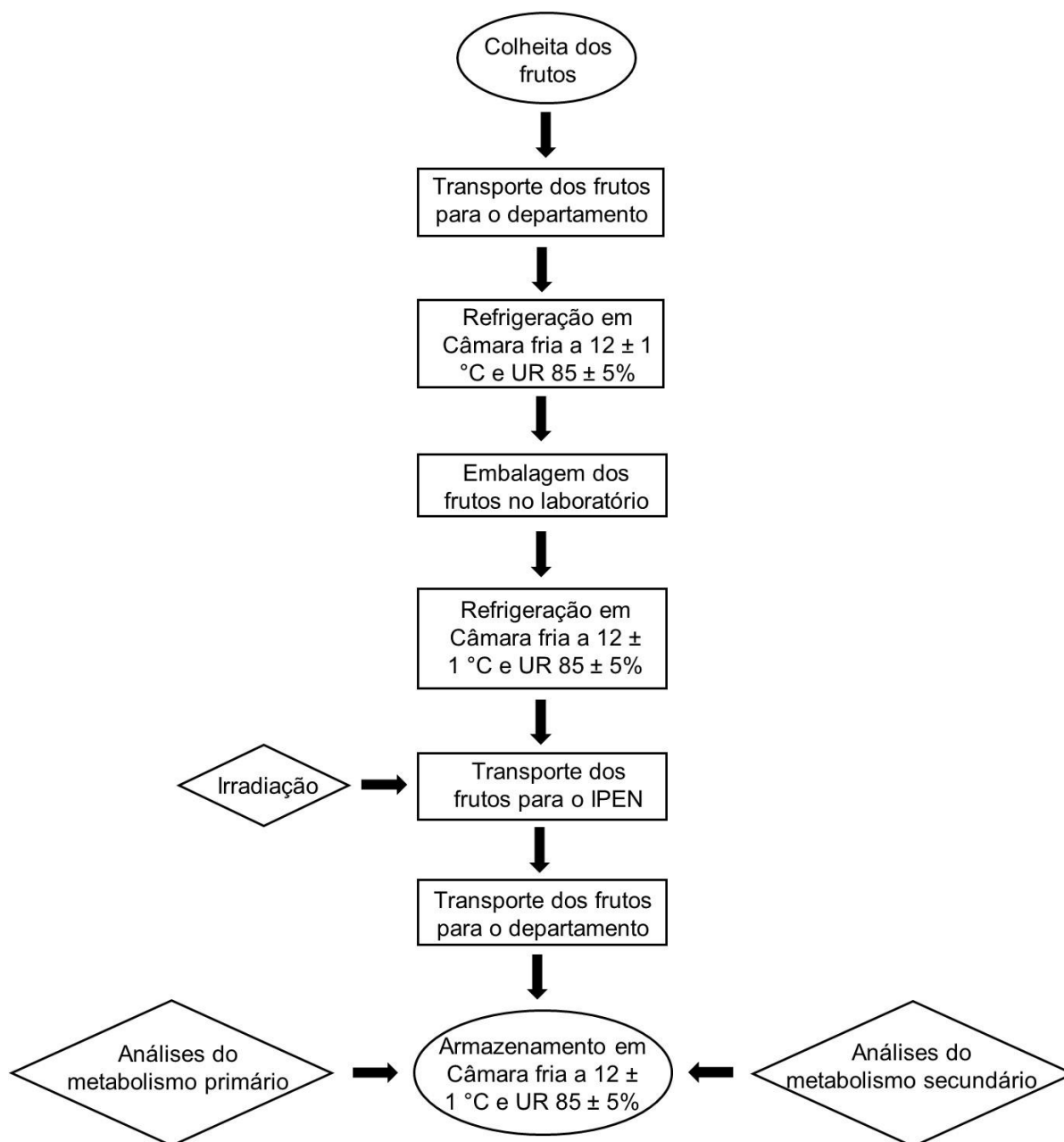
Figura 5 - Armazenamento em câmara fria (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %).



Foto: Vander Lacerda (2019)

Toda a logística do processo deste experimento, desde a colheita até as análises, está demonstrada no fluxograma na figura 6.

Figura 6 - Fluxograma do experimento desde a colheita dos frutos de pitaya até o armazenamento em câmara fria.



O experimento foi constituído por cinco tratamentos (doses de irradiação gama 0,0 kGy; 0,3 kGy; 0,6 kGy; 0,9 kGy e 1,2 kGy) com três repetições (com exceção da análise de perda de massa que foram cinco repetições), dois frutos por repetição, sendo as análises realizadas com intervalo de cinco dias até o dia 20 (zero, 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento), totalizando cinco dias de retirada para avaliações.

Os frutos foram distribuídos em grupo não destrutivo e grupo destrutivo, sendo o grupo não destrutivo, constituídos para avaliação dos parâmetros perda de massa

(%) e taxa de respiração dos frutos ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), com 100 frutos no total. O grupo destrutivo foi constituído para realização dos seguintes parâmetros: firmeza (N), espessura da casca (mm), rendimento de polpa (%), cor da casca e da polpa, pH, sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), acidez titulável (ácido málico %), *ratio* (SS/AT), açúcar redutor (%) e ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), totalizando 126 frutos.

Para a caracterização da composição centesimal da casca e polpa, análises físico-químicas e químicas da polpa (com sementes), foi retirada uma fração longitudinal dos frutos de cada repetição, homogeneizados com o auxílio de um mixer, constituindo uma única amostra. As amostras foram acondicionadas em frascos de 60 ml, identificados, e armazenados em freezer a $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$, para posteriores análises. Sendo que as análises de pH, sólidos solúveis e acidez titulável foram realizadas em cada dia de avaliação.

Em cada dia de avaliação foi retirada uma fração (50 g) da região longitudinal da polpa (com sementes) e da casca de cada fruto, acondicionadas em papel alumínio, identificados, e emergidas em nitrogênio líquido por três minutos, em seguida retiradas e armazenadas em freezer a $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$, para posterior realização dos seguintes parâmetros bioquímicos da casca e polpa: proteínas solúveis (mg g^{-1} MFF), compostos fenólicos totais ($\text{mg de ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$), flavonoides totais ($\text{mg rutina } 100 \text{ g}^{-1}$) e atividade antioxidante (% de DPPH reduzido).

3.2 Caracterização da composição centesimal dos frutos

3.2.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando três repetições, segundo a técnica gravimétrica, com o emprego do calor em estufa à temperatura de $104^{\circ}\text{C} (\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C})$, com verificações esporádicas até a obtenção de peso constante (BRASIL, 2008).

3.2.2 Fibra Bruta

Foi utilizado para análise, duas gramas de matéria seca, com seis repetições, feita extração contínua em aparelho Soxhlet usando éter como solvente, após esta etapa o material foi aquecido em estufa para eliminação do solvente. O resíduo foi transferido para um frasco de digestor de 750 ml, adicionado 200 ml de H_2SO_4 a 1,25%

(p/v), ebulição por 30 minutos, depois de filtrado lavado com água quente por duas vezes, a amostra foi devolvida novamente no tubo digestor com 200 ml NaOH 1,25% (p/v), esperada ebulição branda por meia hora, a amostra foi filtrada em papel filtro qualitativo com 500mL de água destilada fervente. O papel filtro com amostra foi levado à estufa de ar forçado a 65 °C por 8 horas. Após resfriado ao dessecador por 2 horas, o material foi pesado. Os resultados foram expressos em porcentagem de fibra bruta (AOAC, 1997), de acordo com a fórmula:

$$FB (\%) = 100 \times N/P$$

Onde FB = fibra bruta; N = n° de g de fibra; e P = n° de g da amostra

3.2.3 Lipídeos

A análise foi realizada com três gramas de matéria fresca da polpa de pitaya, com seis repetições, acondicionada em cartucho de papel filtro, seca em estufa a 60 °C. Para extração foi utilizado o aparelho Soxhlet, as amostras adicionadas ao éter foram mantidas sob aquecimento por 8 horas. O balão que aparou o éter no extrator, foi aquecido até a destilação completa, o mesmo, com o resíduo, foi seco em estufa a 105 °C por 8 horas, após resfriado a temperatura ambiente por 2 horas em dessecador, conforme metodologia de AOAC (1997), o balão foi pesado e os resultados expressos em porcentagem.

$$\text{Cálculo: } 100 \times N/P = \text{matéria graxa (\% m/m)}$$

N = no de gramas de matéria graxa e P = no de gramas da amostra

3.2.4 Proteína bruta

A determinação da proteína bruta foi realizada pelo processo de digestão Kjeldahl conforme metodologia atual adotada pela Embrapa e descrita no Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Animal e Alimentos (NOGUEIRA e SOUZA, 2005), que consiste de três fases: digestão, destilação e titulação.

3.2.5 Quilocalorias (kcal)

O teor de energia foi calculado com base no teor de proteínas, carboidratos e lipídios das amostras, utilizando os fatores de Atwater descritos por Mahan e Escott-Stump (2005), conforme a equação seguinte:

$$E \text{ (kcal)} = (\text{proteína} \times 4,0) + (\text{carboidrato} \times 4,0) + (\text{lipídio} \times 9,0)$$

Os resultados foram expressos em quilocalorias (kcal).

3.2.6 Cinzas

Para obtenção da porcentagem de cinzas, 3 gramas de seis amostras de polpa foram pesadas e levadas a mufla a 100 °C, programado até 550 °C por 2 horas. Depois de resfriado, em dissecador, foi pesado e o resultado expresso em porcentagem, conforme metodologia de Brasil (2008).

As demais análises foram realizadas conforme metodologia descrita no grupo não destrutivo e grupo destrutivo.

3.3 Grupo não destrutivo

3.3.1 Perda de Massa

Para a determinação da perda de massa, foi utilizada uma balança semi-analítica (marca Owa labor) com carga máxima 2000 g e divisão de 10 mg.

A resultados foram expressos em porcentagem (%) de perda de massa (AOAC, 2005), a partir da equação:

$$PM \text{ (\%)} = (P_i - P_j / P_i) \times 100$$

Onde, PM = perda de massa (%); P_i = peso inicial do fruto (g); P_j = peso do fruto no período subsequente a P_i (g);

3.3.2 Taxa respiratória

A taxa respiratória foi determinada através da quantificação da produção de CO₂ em respirômetro, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976).

$$TCO_2 = 2,2(V_0 - V_1) \cdot 10 / P \cdot T$$

Onde, TCO_2 = Taxa de respiração ($ml\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$); V_0 = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio – padrão antes da absorção de CO_2 (ml); V_1 = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio após a absorção do CO_2 da respiração (ml); P = peso dos frutos; T = Tempo da respiração; 2,2 = inerente ao equivalente de CO_2 (44/2), multiplicado pela concentração do Ácido clorídrico a 0,1 N; 10 = Ajuste para o total de hidróxido de potássio usado na absorção CO_2 (ml).

3.4 Grupo Destrutivo

3.4.1 Firmeza

A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio do Texturômetro (STEVENS – LFRA Texture Analyser), com a distância de penetração de 20 mm e velocidade de $2,0\ mm / seg^{-1}$, utilizando-se a ponteira TA 9/1000. O valor obtido para determinar a firmeza em grama-força por centímetro quadrado (gf/cm^2), transformado para Newton (N) é definido como a força máxima requerida para que uma parte da ponteira penetre no fruto. A firmeza foi realizada em dois pontos distintos na zona equatorial em cada fruto, com atenção especial, para que a medição ocorresse fora das brácteas. Médias foram calculadas dos valores obtidos dos dois frutos, obtendo-se valor médio para cada repetição.

3.4.2 Rendimento de Polpa

Os frutos de cada tratamento foram pesados individualmente em balança semianalítica. Em seguida foram retiradas a casca para realização da pesagem da polpa com sementes separadamente da casca. O rendimento de polpa (com sementes) foi expresso em percentagem (%).

3.4.3 Espessura da casca

Após separar a casca da polpa manualmente, utilizou-se um paquímetro digital para mensurar a espessura da casca em três posições por fruto, e a média expressa em milímetros (mm).

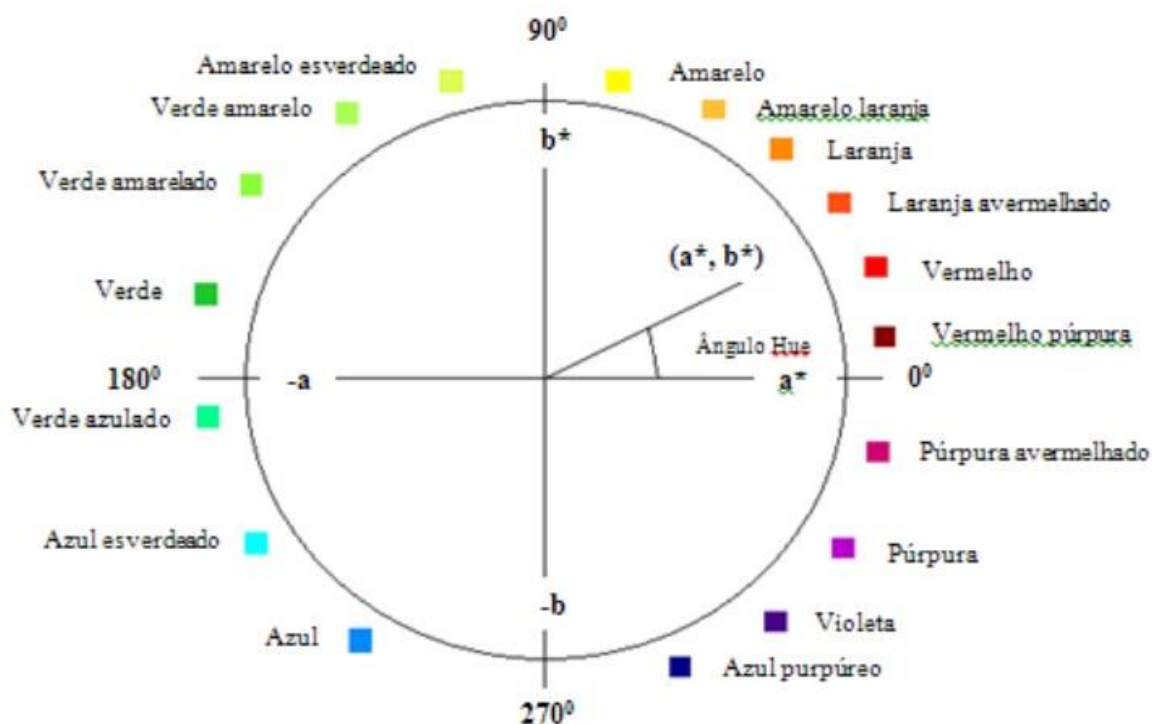
3.4.4 Cor instrumental

A avaliação da cor da casca e polpa dos frutos de pitaya foram realizadas em três pontos (região equatorial e nas duas extremidades distantes a 3 ± 1 cm da região mediana) em cada fruto. A avaliação da coloração da polpa foi realizada em três pontos aleatórios dos frutos, para isso os frutos foram cortados ao meio no plano longitudinal, posteriormente prosseguiu-se com as avaliações.

Foi utilizado o colorímetro da marca Konica Minolta (Chroma meter, CR 400/410) com determinação dos valores (L^* , a^* e b^*). Onde L^* , expresso em porcentagem, indica valores de luminosidade (0%= preto e 100%= branco), a^* indica a variação de cor do verde (-) até o vermelho (+) e o b^* indica a variação de cor do azul (-) até o amarelo (+) (KONICA MINOLTA, 1998).

O ângulo Hue é o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo) e 270° (azul). O $^\circ$ Hue possui variação de: 0 a 18° para coloração vermelho-violeta, 19 a 54° para coloração vermelho, 55 a 90° para a coloração laranja, 91 a 126° para coloração amarelo, 127 a 162° para amarelo-verde, 163 a 198° para coloração verde, 199 a 234° para azul-verde, 235 a 270° para azul, 271 a 306° para azul-violeta e 307 a 342° para violeta, 343 a 360° vermelho-violeta, perfazendo 360° . Cromo é representado pelo C^* que define a intensidade da cor (Figura 7). Os valores numéricos de a^* e b^* foram convertidos em ângulo Hue e Cromo automaticamente pelo colorímetro Konica Minolta.

Figura 7 - Diagrama CIELAB com a sequência de nuances de cores e orientação do ângulo hue.



Fonte: (Adaptado por ADRIANO et al. 2011 de CHITARRA e CHITARRA, 2005)

L* = Luminosidade	a*	b*
0= preto	vermelho (+)	amarelo (+)
100= branco	verde (-)	azul (-)

Para a reprodução aproximada do perfil de cores, determinado pelo colorímetro Konica Minolta utilizou-se os valores da Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue da casca e polpa dos frutos para alimentação da plataforma colorizer.org, de acordo com o diagrama CIELAB.

3.5 Análises químicas e bioquímicas dos frutos

3.5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A leitura de pH foi realizada utilizando-se o potenciômetro digital DMPH – 2, conforme metodologia de Brasil (2008).

3.5.2 Sólidos Solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis foram determinados por leitura refratométrica direta e expressa em grau °Brix, conforme metodologia de AOAC (2005), utilizando-se refratômetro digital de mesa (Digital Refractometer DR 202) com ajuste automático de temperatura.

3.5.3 Acidez titulável (AT)

Foi determinada por titulometria com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N, tendo como indicador do ponto de viragem da fenolftaleína, e utilizando-se 2 g da polpa do fruto de pitaya homogeneizado, diluída em 100 mL de água deionizada. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico na polpa fresca, conforme metodologia recomendada por Brasil (2008), e Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (1978).

3.5.4 Índice de maturação (*Ratio* SS/AT)

Para avaliar o equilíbrio doce-ácido da polpa dos frutos durante o período de armazenamento, foi calculada a relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), os resultados foram expressados em número puro, com duas casas decimais. $Ratio = \text{Sólidos solúveis (°Brix)} / \text{Acidez titulável (\% ácido málico / 100 g}^{-1} \text{ de polpa)}$.

3.5.5 Determinação dos açúcares redutores (AR)

A metodologia aplicada foi a descrita por Somogyi e adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado para leitura foi o espectrofotômetro Celm E-225 D, sendo a leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

3.5.6 Ácido Ascórbico

Para determinação do ácido ascórbico foi utilizado a metodologia titulométrica de Tillmans (BRASIL, 2009). Foi pesado 20 g de amostra fresca, em seguida foi

adicionado 40 mL da solução de ácido oxálico e homogeneizada com o auxílio de um mix. Posteriormente foi realizada a titulação da solução de 2,6-diclorofenolindofenol-sódio padronizado até a coloração rosa persistente por no mínimo 15 segundos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g⁻¹ da amostra, pela fórmula:

$$AA = 100 \times n' / (n/5) \times p$$

Onde: AA = Teor de ácido ascórbico em mg 100 g⁻¹ n' = Volume de 2,6-diclorofenolindofenol sódio em mL gastos na titulação da amostra. n = Volume de 2,6-diclorofenolindofenol sódio em mL gastos na padronização. P = Massa da amostra em grama ou volume de amostra usado na titulação.

3.5.7 Proteínas solúveis

O teor de proteínas solúveis foi determinado utilizando aproximadamente 500 mg do tecido fresco (casca ou polpa) macerados em 2 ml de tampão fosfato 0,1 M, pH 6,7. O homogenato foi centrifugado a 5.000 rpm por 10 minutos a 4 °C e, em seguida, foram adicionados a alíquota de 100 µl (triplicata) do sobrenadante e 5 ml da solução Coomassie Brilliant Blue G-250 (preparado com 100 mg do corante diluído em 50 ml de álcool etílico 95%, 100 ml de ácido fosfórico 85% e 850 ml de água deionizada, sendo a solução filtrada duas vezes em papel filtro qualitativo). Após 15 minutos, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (BEL SP 1105) a 595 nm. As concentrações de proteínas solúveis foram calculadas a partir da curva padrão de Albumina de Soro Bovino (BSA) a 1 mg ml⁻¹ e expressas em mg g⁻¹ MF (Bradford, 1976).

3.5.8 Compostos Fenólicos Totais, Flavonoides e Atividade Antioxidante pelo método DPPH da polpa e casca

3.5.8.1 Adaptação do preparo dos extratos e reações

As amostras da casca e polpa previamente congeladas no nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a -18°C , foram maceradas em nitrogênio líquido com o auxílio de um mixer, grau e pistilo, e armazenadas em tubos de 2 ml (eppendorf).

Os métodos de extração foram otimizados segundo os procedimentos de Singleton; Orthofer; Lamuela, (1999) para compostos fenólicos totais (CFT), Zhishen et al. (1999) para flavonóides totais (FT) e Brand-Williams et al. (1995) para atividade antioxidante (DPPH). As modificações analisadas nesses métodos foram, pesos das amostras da polpa (0,5; 1 e 2g) e tipos de solvente extrator (metanol, acetona, etanol e água deionizada).

Foi utilizada as misturas de solvente: água (80:20 v/v) e água para a extração. Foi realizado o peso das amostras em tubos tipo Falcon onde foram adicionados 10 ml da mistura de cada solvente. Os tubos contendo as amostras e o solvente foram submetidos à homogeneização com turrax por 30 segundos a temperatura ambiente e colocados em banho ultrassônico (ultra cleaner unique 1400A) por 20 minutos. Em seguida, os extratos foram centrifugados (Zentrifugen MIKRO 220R) a 12000 rpm durante 45 minutos. Na sequência, foi retirado o sobrenadante e armazenado em frascos escuros à temperatura de -18°C , até o momento das reações de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante pelo método DPPH. Os extratos dos frutos foram obtidos em triplicata.

3.5.8.2 *Compostos Fenólicos Totais*

O conteúdo total de compostos fenólicos do extrato acetônico da casca e polpa foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). Para a realização da análise, uma alíquota de 0,5 ml do extrato acetônico foi transferida para um tubo e adicionado 2,5 mL do reagente Folin/Ciocalteu, diluído em água 1:10. A mistura permaneceu em repouso por cinco minutos. Em seguida foram adicionados dois mililitros de carbonato de sódio 4% e os tubos deixados em repouso por 2 horas, protegido da luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BEL SP 1105) a 740 nm .

Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração de ácido gálico com concentrações variando de 5 a

100 µg/mL. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 gramas⁻¹ (mg GA 100 g⁻¹) de casca e polpa fresca.

3.5.8.3 *Flavonoides totais*

Os flavonoides totais foram determinados utilizando um ensaio colorimétrico de acordo com o procedimento de Zhishen et al. (1999). Foram adicionados 0,30 µL de NaNO₂ (5%), 1 ml de extrato da amostra, 4 ml de água deionizada e deixado em repouso por cinco minutos. Posteriormente foi adicionado 0,3 ml de AlCl₃ (10%) e deixada em repouso durante 5 minutos. Em seguida, 2 ml de NaOH a 1 mol L⁻¹ foram adicionados a esta solução. As leituras foram realizadas contra o branco em comprimento de onda 510 nm.

Os flavonoides totais das amostras da casca e da polpa foram expressos em mg de rutina equivalente por 100 g da amostra fresca (mg RE 100 g⁻¹), utilizando uma curva padrão. A curva padrão foi realizada com 0, 20, 60, 80, 100, 150 e 200 µL / L de rutina. O coeficiente de regressão da curva foi acima de 0,98, indicando curva confiável. Todas as medições foram feitas em triplicata.

3.5.8.4 *Atividade Antioxidante pelo método DPPH*

O método DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) é baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, no princípio de que o DPPH sendo um radical estável de coloração violeta escura, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração violeta clara (tonalidade amarela). Na forma de radical, o DPPH possui absorção característica a 517 nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante.

A mistura de reação foi constituída pela adição de 0,5 ml do extrato da amostra, 3,0 ml de acetona 80% e 0,3 ml do radical DPPH diluído em acetona 80%, e incubada por 45 minutos, em temperatura ambiente e protegido da luz. Foi realizada uma curva de calibração para a obtenção da equação da reta, com concentrações de DPPH (0 a 60 µM) no eixo X e as respectivas absorbâncias no eixo Y. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de DPPH reduzido.

3.6 Análise Sensorial

Os frutos de pitaya irradiados foram avaliados visualmente por meio de testes afetivos. Foram avaliados os seguintes atributos: aparência e intenção de compra (BRASIL, 2005). Foi aplicado o teste de aceitação utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos para aparência, ancorada pelas notas 1 “desgostei extremamente” a nota 9 “gostei extremamente”, e 5 pontos para intenção de compra, ancorada pelas notas 5 “certamente compraria” e 1 “certamente não compraria”.

A equipe foi composta por no mínimo 60 provadores para cada dia de análise, não selecionados e não treinados, de ambos os sexos, na faixa etária acima de 18 anos. Os provadores foram recrutados entre os funcionários e os alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu. Participaram da pesquisa somente os indivíduos que concordaram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foi realizada a análise até o 15º dia de avaliação do experimento com os mesmos frutos todos os dias. Os observadores não ingeriram o fruto, apenas observaram em bandejas de poliestireno expandido (isopor) recobertas com filme plástico de PVC. Cada bandeja foi uma repetição e continha dois frutos cada, totalizando 30 frutos para esta análise.

Para realização da análise visual, foi solicitada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, por meio de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética - CAAE com o número 10035019.0.0000.5411.

3.7 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo 5 x 5, com cinco tratamentos constituídos pelas doses de irradiação gama Co-60 (0,0; 0,3; 0,6; 0,9 e 1,2 kGy), e cinco dias de avaliação durante os 20 dias de armazenamento refrigerado (0, 5, 10, 15 e 20 dias) com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk utilizando o software GraphPad Prism versão 8.0.1 (San Diego, CA, EUA). Com todos os dados normais,

estes foram submetidos à análise de variância (Two-Way ANOVA), e as médias comparadas pelo teste Tukey, $p < 0,05$; e também a $p < 0,01$.

O delineamento para otimização da extração de flavonoides totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, foi o inteiramente casualizado com fator único e três repetições. Diferenças significativas foram determinadas pela análise de variância unidirecional (One-Way ANOVA) e teste Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados foram apresentados em médias com desvio padrão (média \pm DP). As análises foram realizadas pelo software Sisvar versão 5.6 (Lavras, MG, Brasil). Correlações lineares foram aplicadas entre as variáveis de interesse, e o coeficiente de correlação de Pearson (r) foi obtido, considerando correlações significativas com $p < 0,05$. Foi utilizado o software estatístico JMP 10 (SAS Institute Inc., EUA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, pode-se verificar a composição centesimal da casca e polpa dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca comum. Este fruto apresenta alto teor de água, tanto na casca quanto na polpa, baixa caloria (kcal) e boa fonte de fibras.

Tabela 2 - Composição centesimal (%) da casca e polpa dos frutos de pitaya no dia zero, sem irradiação.

	Umidade	Cinzas	Lipídeos	Proteína bruta	Fibras	Açúcar Redutor	Kcal
Casca	91,50 ± 0,38	1,40 ± 0,15	0,64 ± 0,07	0,91 ± 0,37	2,68 ± 0,48	9,18 ± 0,82	46,09 ± 4,14
Polpa	86,68 ± 1,08	0,77 ± 0,52	1,12 ± 0,12	1,37 ± 0,18	3,18 ± 0,72	8,82 ± 0,76	50,87 ± 2,57

Nunes et al. (2014) e Mizrahi (2014) encontraram resultados semelhantes. Esses autores afirmam que na composição química da pitaya o principal componente quantitativo é a água, seguida dos carboidratos e depois das proteínas ou substâncias nitrogenadas, e os lipídios são os macronutrientes que aparecem em menor quantidade. A polpa apresentou maior teor de lipídeo, que certamente estão contidos nas sementes.

Os resultados encontrados neste estudo, quanto a casca e polpa nos teores de umidade, cinza, lipídeos e kcal, corroboram com os resultados encontrados por Abreu et al. (2012) em pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) provenientes do estado de São Paulo. Porém diferem em relação aos teores de açúcares, uma vez que esses autores observaram maior teor de açúcares nas polpas das pitayas comparado às cascas.

O conteúdo de proteína na polpa encontrado no presente estudo foi semelhante ao encontrado por Nurul e Asmah (2014), uma vez que estes autores observaram 1,45 g de proteínas na polpa da pitaya de casca vermelha e polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) cultivada na Malásia.

O resultado da Two-Way ANOVA com as doses de irradiação gama Co-60 (0,0; 0,3; 0,6; 0,9 e 1,2 kGy), dias de armazenamento refrigerado (0, 5, 10, 15 e 20 dias) e suas interações nos parâmetros de qualidade dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca, demonstrou que as variáveis apresentaram significância para as doses e

interação entre doses e dias (Tabela 3). Para os dias, com exceção do croma e ângulo °hue da polpa, todas as outras variáveis foram significativas.

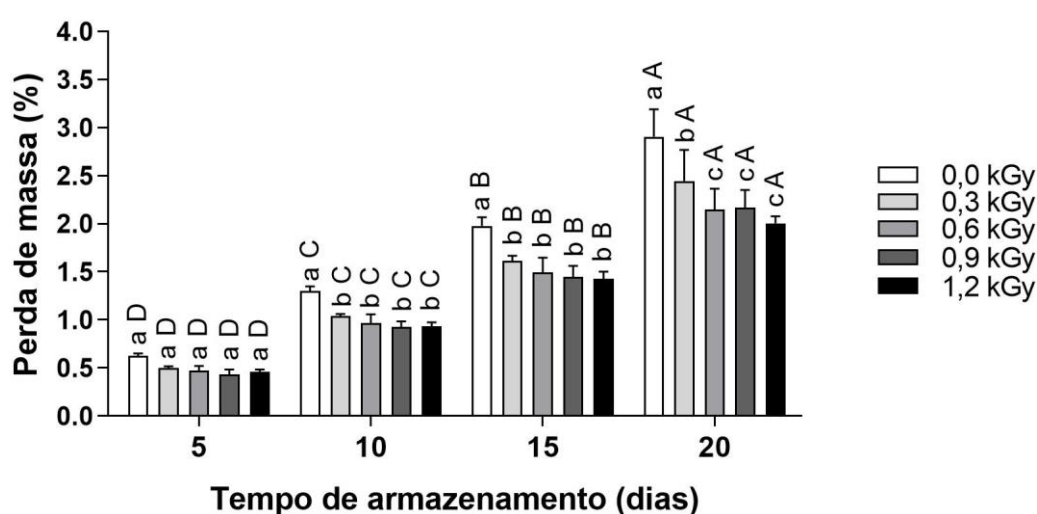
Tabela 3 - Resultados da análise de variância (ANOVA) do efeito das doses de irradiação, dias e a interação desses fatores nos parâmetros estudados em frutos de pitaya.

	Doses (kGy)	Dias	Doses x Dias
Perda de massa (%)	**	**	**
Taxa respiratória (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	**	**	**
Firmeza (N)	**	**	**
Espessura da casca (mm)	**	**	**
Rendimento de polpa (%)	ns	**	ns
Luminosidade casca	ns	**	ns
Croma casca	*	**	*
°Hue casca	*	**	ns
Luminosidade polpa	*	**	ns
Croma polpa	ns	ns	ns
°Hue polpa	ns	ns	ns
pH	*	**	*
Sólidos solúveis (°Brix)	*	**	ns
Acidez titulável (ácido málico %)	**	**	**
Ratio (SS/AT)	**	**	**
Açúcar redutor (%)	ns	**	ns
Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	**	**	**
Proteínas solúveis casca (mg g ⁻¹ MFF)	**	**	**
Proteínas solúveis polpa (mg g ⁻¹ MFF)	**	**	**
Compostos fenólicos totais casca (mg ácido gálico 100 g ⁻¹)	**	**	ns
Compostos fenólicos totais polpa (mg ácido gálico 100 g ⁻¹)	ns	**	ns
Flavonoides totais casca (mg rutina 100 g ⁻¹)	*	**	**
Flavonoides totais polpa (mg rutina 100 g ⁻¹)	*	**	ns
Atividade Antioxidante da casca (DPPH %)	**	**	**
Atividade antioxidante da polpa (DPPH %)	*	**	**
Aparência (1 a 9)	**	**	**
Intenção de compra (5 a 1)	**	**	**

ns representa não significativo; * representa $p \leq 0,05$ e ** representa $p \leq 0,01$;

A perda de massa (Figura 8) aumentou em todos os frutos ao longo do tempo de armazenamento. Com o decorrer do tempo, os frutos submetidos às doses mais se diferenciaram dos frutos controle, que não receberam radiação. Os frutos controle apresentaram significativamente maior perda de massa a partir do décimo dia de armazenamento, e no dia 20 as doses 0,6; 0,9 e 1,2 apresentaram menor perda de massa em comparação aos demais tratamentos.

Figura 8 - Perda de massa (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



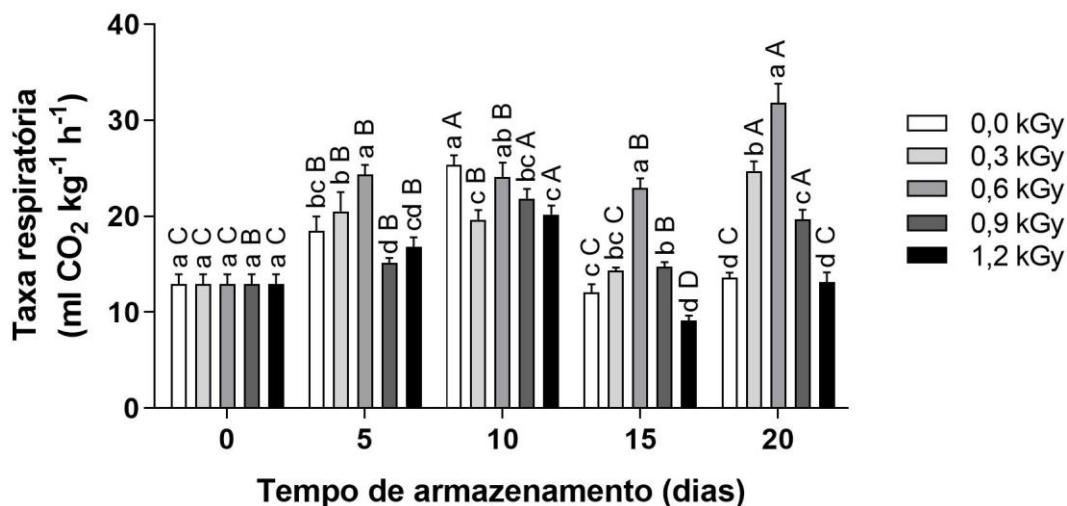
Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os processos biológicos da respiração e transpiração são responsáveis pela perda de massa dos frutos no armazenamento, sendo esse fato também observado por Pico (2016) em pitaya amarela colombiana (*Selenicereus megalanthus*) irradiada a 0,5; 0,75 e 1 kGy, armazenadas durante 14 dias a 20 °C - 80% UR. Ainda este autor, observou menor perda de massa nos frutos tratados com 0,5 kGy comparado ao controle, porém com o aumento das doses, aumentou-se a perda de massa, diferindo então com este trabalho.

Para a taxa respiratória dos frutos (Figura 9) ocorreu pequeno aumento até o dia 10. Devido ao processo oxidativo após a colheita, ao utilizar as reservas metabólicas como fonte de carbono para a síntese de novos compostos, com produção de energia e liberação de CO₂, corroborando com os resultados de Fernandes (2011) ao observar maior atividade respiratória ao 10^o e 15^o dia de

armazenamento refrigerado nos frutos de pitaya (*Hylocereus undatus*) orgânica irradiada.

Figura 9 - Taxa respiratória (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



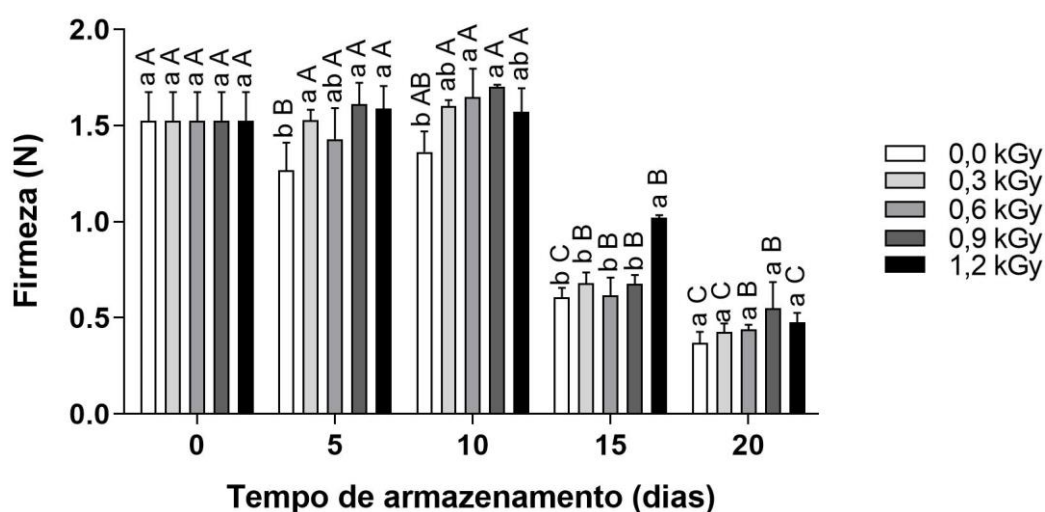
Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No 15° dia ocorreu diminuição da taxa de respiração devido ao início da senescência dos frutos. No 20° dia houve aumento devido a atividade respiratória dos microrganismos identificados dos gêneros *Botrytis* sp., *Bipolaris* e *Colletotrichum* que se desenvolveram nos frutos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os frutos não climatérios em condições de temperatura a 20 °C representam taxa respiratória entre 13 a 65 ml de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹, porém a taxa respiratória varia de acordo com a espécie ou cultivar e está relacionada também ao tratamento pós-colheita e condições de armazenamento.

Em relação às doses de irradiação, observou-se que a menor taxa respiratória ocorreu em frutos irradiados com a maior dose (1,2 kGy), e a maior taxa foi proporcionada pela dose 0,6 kGy. Comportamento semelhante foi relatado por Pico (2016) ao observar valores iniciais de 26,8 mg de CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ em pitayas amarelas colombinas irradiadas a 0 e 0,5 kGy, armazenadas a 10 °C, como também observou diminuição e decréscimo ao longo dos dias, e ao 16° dia observou 23,34 para a dose zero e 21,25 CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ para a dose 0,5 kGy.

Na variável firmeza dos frutos (Figura 10), no decorrer do experimento, tanto as doses de irradiação como o tempo de armazenamento apresentaram diferenças significativas, e esta variável também apresentou interação entre os fatores. Houve decréscimo da firmeza após o 10º dia, e manteve até o 20º dia. Este decréscimo foi causado pelo início da senescência, consequentemente desestruturação dos polissacarídeos da parede celular.

Figura 10 - Firmeza (Newton - N) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



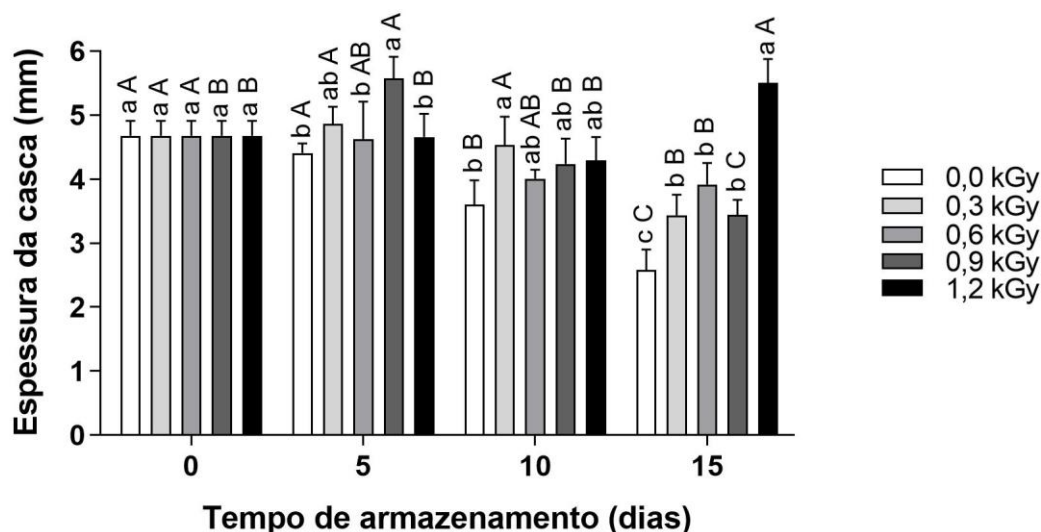
Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Na ausência de irradiação ocorreu significativamente menor firmeza nos frutos em relação a dose 0,9 kGy nos dias 5 e 10, já no 15º dia a dose 1,2 kGy destacou maior manutenção da firmeza da casca, e no 20º dia não houve diferença entre as doses. De acordo com Prakash e Paz (2019), baixas doses de irradiação impedem o amolecimento pós-colheita, como foi observado em tangerinas clemenules, cogumelos e algumas variedades de pera e lichia. Esse efeito pode estar relacionado à inativação de enzimas envolvidas na biossíntese de etileno e modificação de polissacarídeos.

Para a espessura da casca (Figura 11) houve diferença significativa em cada fator, como também interação entre os fatores. Ocorreu pequena diminuição no dia 10 e diminuição mais acentuada no dia 15. A dose 1,2 kGy destacou-se com a maior espessura da casca no dia 15, certamente essa maior dose de irradiação causou

alterações na microestrutura dos polissacarídeos proporcionando resistência. No dia 20 não foi possível realizar esta análise, uma vez que as cascas estavam com textura flácida, inviáveis para serem mensuradas.

Figura 11 - Espessura da casca (mm) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

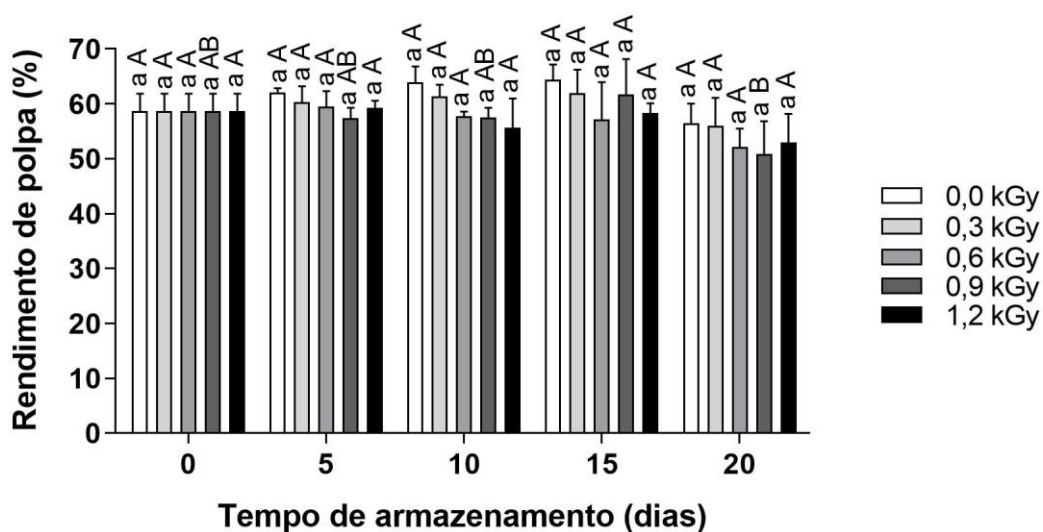


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Nos frutos controle, a redução da espessura da casca promoveu elevação da perda de massa. Resultados semelhantes foram relatados em frutos cítricos de pomelos irradiados, que assim como a pitaya, possuem espessura de casca espessa, de aproximadamente 5 mm e rica em pectina. Curiosamente, em algumas frutas, algumas doses de irradiação podem impedir a desidratação pós-colheita, provavelmente devido à modificação da estrutura da casca (JAIN et al., 2017; PRAKASH e PAZ, 2019).

O rendimento de polpa (Figura 12) diferenciou estatisticamente apenas para os dias, especificamente no 15º dia, sendo este rendimento superior ao observado no 20º dia para a dose 0,9 kGy, e nos demais dias não houve diferença. Desta forma, a perda de massa, apenas na polpa dos frutos, foi maior no 20º dia em comparação com o 15º dia na dose 0,9 kGy. Nos frutos dos demais tratamentos se manteve estável, indicando que a perda de massa ocorreu paralelamente entre casca e polpa.

Figura 12 - Rendimento de polpa (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

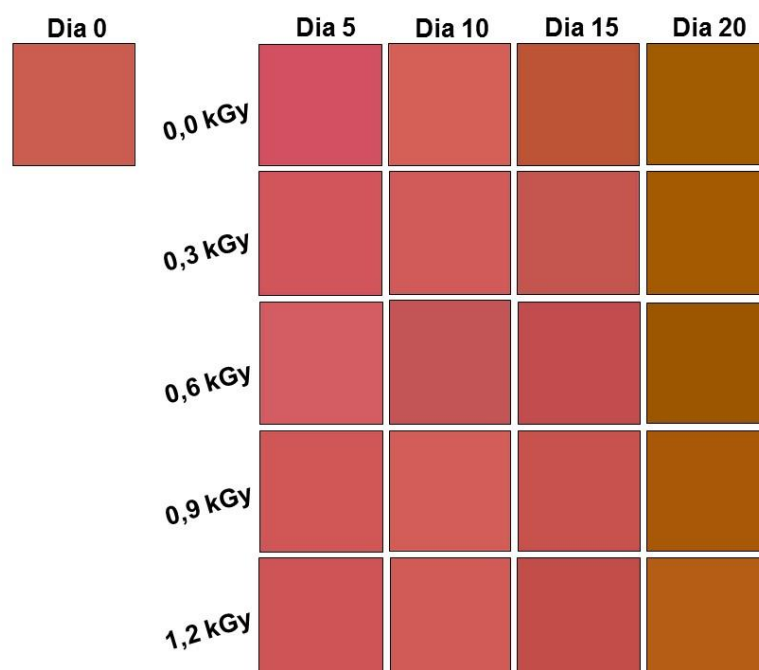
Quanto a cor da casca (Tabela 4 e Figura 13), houve diferença significativa nos dias para luminosidade, croma (intensidade da cor) e ângulo °hue. Em relação às doses não houve diferença apenas para luminosidade, e houve interação entre os fatores apenas para a intensidade da cor. Possivelmente o início da senescência tenha ocorrido no 15º dia de armazenamento, por haver redução da luminosidade e intensidade da cor que reduziu até o 20º dia e com aumento do ângulo °hue, variando do vermelho para vermelho com tom laranja.

Tabela 4 - Cor instrumental da casca (Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

	Doses	Dias				
	kGy	0	5	10	15	20
Luminosidade	0,0	52,8 ± 3,9 aAB	52,1 ± 1,0 aAB	55,3 ± 1,5 aA	48,6 ± 0,9 aBC	45,9 ± 0,7 aC
	0,3	52,8 ± 3,9 aA	52,8 ± 0,7 aA	53,9 ± 1,9 aA	50,9 ± 0,0 aAB	46,5 ± 3,4 aB
	0,6	52,8 ± 3,9 aAB	54,6 ± 4,0 aA	50,4 ± 1,7 aAB	48,8 ± 1,8 aBC	44,3 ± 1,2 aC
	0,9	52,8 ± 3,9 aA	53,1 ± 4,5 aA	54,8 ± 2,6 aA	50,7 ± 2,3 aAB	46,8 ± 1,3 aB
	1,2	52,8 ± 3,9 aA	52,4 ± 2,5 aA	54,2 ± 2,1 aA	49,0 ± 1,4 aA	49,1 ± 4,4 aA
Croma	0,0	42,9 ± 2,2 aB	52,1 ± 2,4 aA	45,6 ± 2,4 aB	39,5 ± 5,3 bB	21,6 ± 3,2 bC
	0,3	42,9 ± 2,2 aA	49,2 ± 2,1 aA	45,4 ± 1,9 aA	43,8 ± 1,1 abA	23,9 ± 4,2 abB
	0,6	42,9 ± 2,2 aA	47,2 ± 1,2 aA	44,1 ± 0,9 aA	45,8 ± 1,9 aA	22,8 ± 2,3 bB
	0,9	42,9 ± 2,2 aA	47,7 ± 3,8 aA	44,9 ± 1,2 aA	46,2 ± 3,7 aA	27,4 ± 2,8 abB
	1,2	42,9 ± 2,2 aA	47,4 ± 0,5 aA	45,2 ± 0,1 aA	45,6 ± 1,5 abA	29,5 ± 4,6 aB
°Hue	0,0	28,4 ± 1,1 aBC	19,2 ± 1,3 aC	27,5 ± 9,5 aBC	37,8 ± 11,1 aB	68,2 ± 1,8 aA
	0,3	28,4 ± 1,1 aB	22,8 ± 3,9 aB	24,8 ± 5,3 aB	26,0 ± 4,9 aB	55,0 ± 1,1 abA
	0,6	28,4 ± 1,1 aB	20,4 ± 4,2 aB	21,7 ± 5,1 aB	24,0 ± 7,1 aB	59,9 ± 9,8 abA
	0,9	28,4 ± 1,1 aB	24,6 ± 0,7 aB	26,8 ± 5,5 aB	28,0 ± 6,7 aB	53,8 ± 7,5 bA
	1,2	28,4 ± 1,1 aB	25,0 ± 9,3 aB	27,0 ± 4,4 aB	26,7 ± 6,0 aB	52,8 ± 11,0 bA

Letras minúsculas na coluna difere todas as doses em um único dia, e letras maiúsculas na linha difere uma única dose em todos os dias, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 13 - Perfil da cor instrumental da casca dos frutos, reproduzido pelo diagrama CIELAB, conforme a Luminosidade, Croma e ângulo °Hue da casca dos frutos da pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias



A tonalidade da cor da casca representada pelo ângulo °hue, demonstrou acréscimo nos valores, confirmando menor tonalidade da coloração rosa intenso avermelhada para todos os frutos em todas as doses ao longo do período de armazenamento. Este acréscimo no ângulo de tonalidade, possivelmente pode ser atribuído a degradação das betalainas responsáveis pelo matiz avermelhado, enquanto a síntese de outros pigmentos poderia ocorrer em níveis relativamente baixos, ou a supressão da expressão de pigmentos.

A radiação influenciou na coloração da casca dos frutos para a intensidade da cor no tempo 15 e 20 dias, e ângulo °hue no 20° dia. Com as doses de irradiação os valores da intensidade da cor não decresceram como nos frutos sem irradiação. Para a intensidade da cor no dia 15 as doses 0,6 e 0,9 kGy proporcionaram valores superiores que a dose 0,0 kGy, e no dia 20 a intensidade da casca dos frutos da dose 1,2 kGy foi superior que os frutos da dose 0,6 e 0,0 kGy.

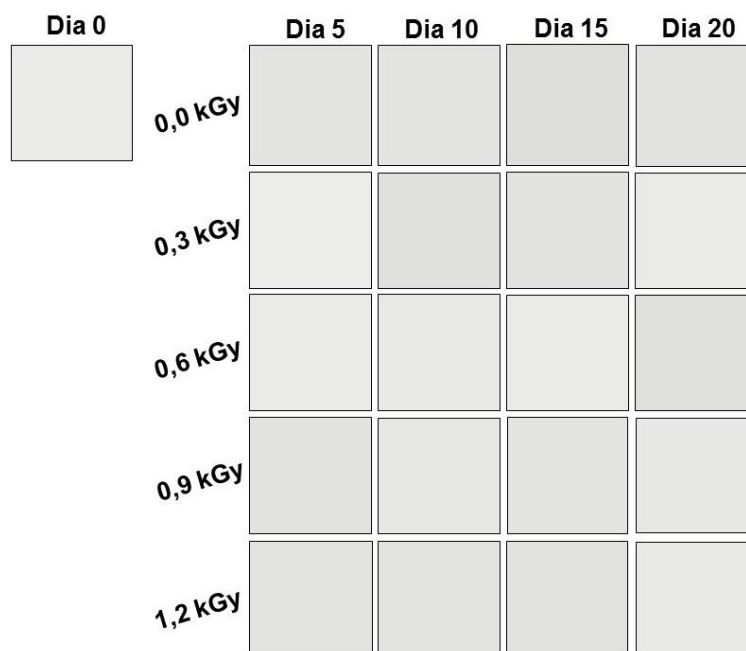
Os resultados deste presente trabalho diferem com os de Fernandes (2011) por observar decréscimo da intensidade da cor com o aumento das doses de irradiação em pitaya orgânica vermelha de polpa branca. Ainda este autor menciona que a pitaya é um fruto que apresenta regularidade na concentração de pigmentos responsáveis

pela expressão da coloração, mesmo com aplicação da irradiação esta regularidade se manteve.

Os frutos não irradiados aumentaram o ângulo °hue desde o dia 10, mas apresentaram diferença significativa no dia 20, ao serem superiores que os frutos das doses 0,9 e 1,2 kGy, conseqüentemente houve perda da cor da casca dos frutos não irradiados. Provavelmente a irradiação reduziu a atividades das enzimas que degradam os pigmentos.

A cor da polpa (Tabela 5 e Figura 14) foi significativamente diferente apenas para a luminosidade nas doses e dias, para a intensidade da cor e ângulo °hue não houve diferença em nenhum fator. Não houve interação entre os fatores para essas variáveis.

Figura 14 - Perfil da cor instrumental da polpa dos frutos, reproduzido pelo diagrama CIELAB de acordo com a Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue da polpa dos frutos da pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Para os frutos submetidos com a dose 0,0 kGy (testemunha) a luminosidade da polpa diminuiu significativamente no 20° dia em comparação com o 10° dia. As demais doses permaneceram com a luminosidade inalterada ao longo do tempo de armazenamento. No 20° dia, a luminosidade dos frutos submetidos à dose 0,0 kGy foi inferior à dos frutos da dose 1,2 kGy.

Tabela 5 - Cor instrumental da polpa (Luminosidade, Cromo e ângulo °Hue) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

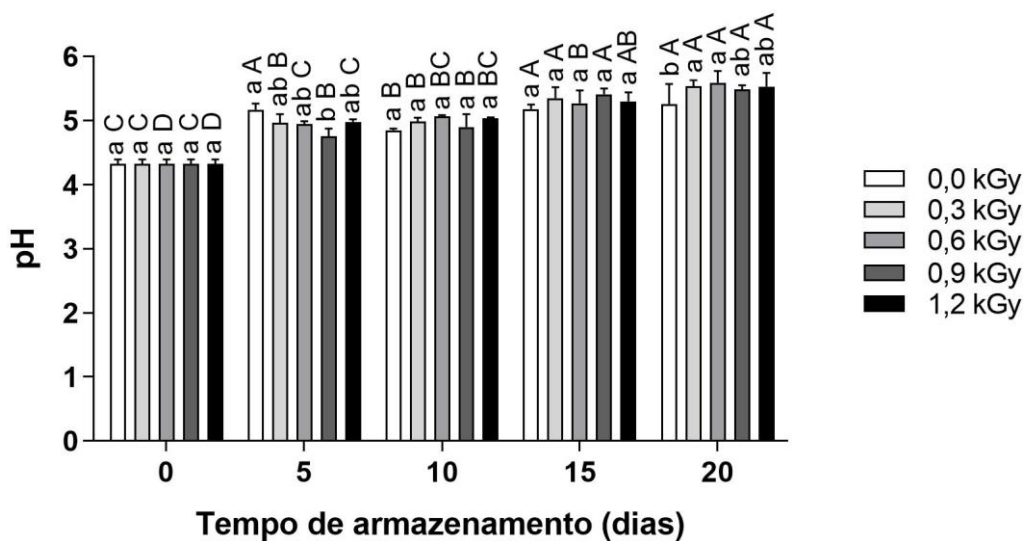
	Doses kGy	Dias				
		0	5	10	15	20
Luminosidade	0,0	61,6 ± 1,6 aA	60,6 ± 4,5 aAB	61,9 ± 3,4 abA	58,7 ± 2,5 aAB	55,0 ± 2,7 bB
	0,3	61,6 ± 1,6 aA	60,5 ± 3,6 aA	62,5 ± 1,5 abA	61,5 ± 2,4 aA	57,7 ± 5,1 abA
	0,6	61,6 ± 1,6 aA	60,8 ± 3,3 aA	60,9 ± 2,0 abA	61,6 ± 0,9 aA	58,5 ± 1,8 abA
	0,9	61,6 ± 1,6 aA	62,4 ± 2,3 aA	56,6 ± 0,6 bA	61,5 ± 1,1 aA	59,6 ± 4,2 abA
	1,2	61,6 ± 1,6 aA	64,6 ± 3,4 aA	63,6 ± 2,0 aA	64,4 ± 0,7 aA	61,7 ± 1,3 aA
Cromo	0,0	4,8 ± 1,2 aA	4,5 ± 0,4 aA	4,3 ± 0,2 aA	4,5 ± 0,8 aA	4,8 ± 6,0 aA
	0,3	4,8 ± 1,2 aA	3,8 ± 0,8 aA	3,7 ± 0,4 aA	4,1 ± 0,9 aA	4,3 ± 0,4 aA
	0,6	4,8 ± 1,2 aA	4,3 ± 0,4 aA	3,7 ± 0,3 aA	4,6 ± 0,6 aA	5,4 ± 0,6 aA
	0,9	4,8 ± 1,2 aA	3,8 ± 0,3 aA	3,2 ± 0,7 aA	3,7 ± 0,7 aA	4,2 ± 0,5 aA
	1,2	4,8 ± 1,2 aA	3,9 ± 0,9 aA	4,1 ± 0,6 aA	4,1 ± 0,6 aA	4,6 ± 0,6 aA
°Hue	0,0	91,9 ± 3,4 aA	88,9 ± 2,0 aA	89,0 ± 2,5 aA	86,4 ± 0,9 aA	88,0 ± 4,5 aA
	0,3	91,9 ± 3,4 aA	92,1 ± 3,0 aA	87,6 ± 0,6 aA	88,1 ± 3,8 aA	91,3 ± 1,7 aA
	0,6	91,9 ± 3,4 aA	91,5 ± 1,5 aA	91,0 ± 0,8 aA	91,4 ± 2,5 aA	86,7 ± 1,9 aA
	0,9	91,9 ± 3,4 aA	88,1 ± 4,2 aA	90,2 ± 3,5 aA	89,2 ± 0,3 aA	90,7 ± 1,1 aA
	1,2	91,9 ± 3,4 aA	90,3 ± 2,6 aA	88,6 ± 0,3 aA	88,0 ± 6,5 aA	90,8 ± 1,4 aA

Letras minúsculas na coluna difere todas as doses em um único dia, e letras maiúsculas na linha difere uma única dose em todos os dias, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados da cor da polpa com poucas alterações indicam que a polpa dos frutos manteve própria para o consumo, embora a casca já apresentasse características de senescência, não estaria apto para comercializar para consumo de mesa, portanto esses frutos ao fim do experimento poderiam ser destinados para a indústria.

Os valores de pH foram significativos nos frutos para as doses e dias, e houve interação entre os fatores. No decorrer dos dias de armazenamento houve acréscimo do pH, provavelmente pelo fato da colonização de microrganismos. Entre as doses de radiação houve diferenças nos dias 5 e 20 (Figura 15). Brunini e Cardoso (2011), estudaram o armazenamento de pitaya vermelha a 13°C por 25 dias e observaram um aumento do valor de pH de 4,60 a 5,8, resultado coerente com o apresentado neste trabalho.

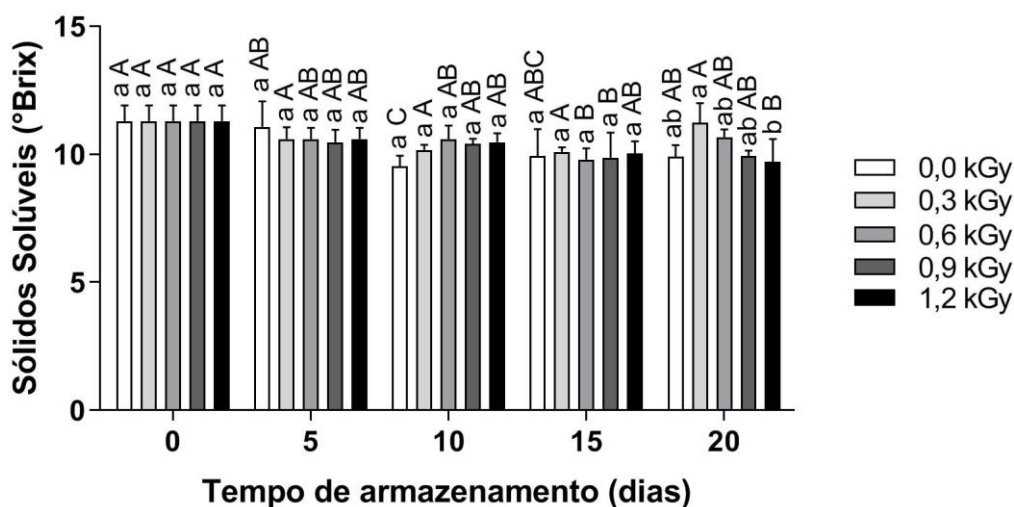
Figura 15 - Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os teores de sólidos solúveis nos frutos apresentaram diferença significativa entre as doses apenas no 20° dia, sendo a dose 0,3 kGy apresentando o maior teor e diferindo estatisticamente da dose 1,2 kGy. Com o decorrer dos dias, houve redução significativa (Figura 16). Não houve interação entre os fatores para esta variável.

Figura 16 - Sólidos solúveis (°Brix) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

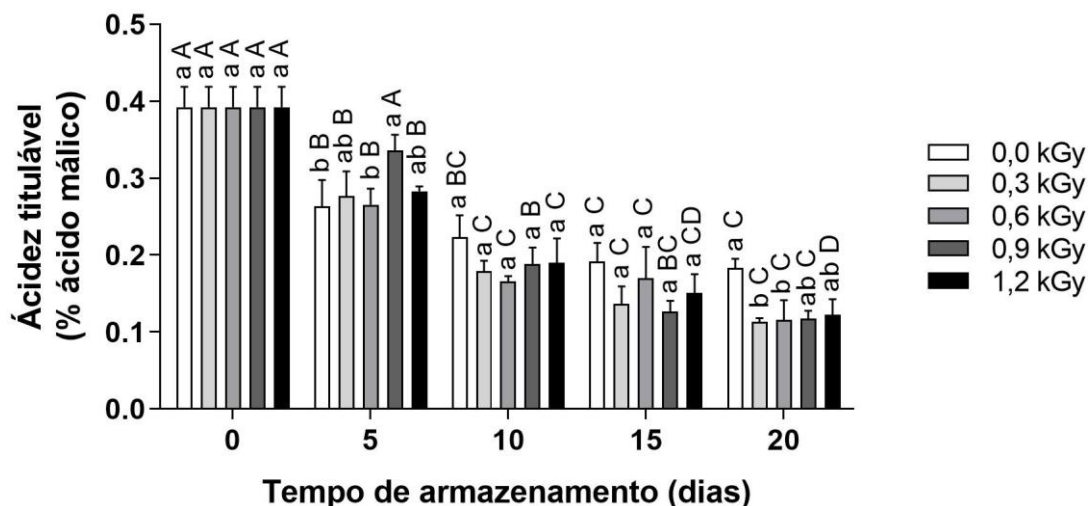


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Semelhante com este estudo, Abreu et al. (2017) trabalhando com pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) orgânica, observaram que após 14 dias de armazenamento, todos os tratamentos começaram a apresentar redução dos teores de sólidos solúveis, fator indicativo do início da senescência dos frutos, fase na qual ocorre consumo de açúcares. E também Brunini e Cardoso (2011), avaliando o armazenamento a 13 °C desta mesma espécie de pitaya, observaram diminuição do teor de sólidos solúveis de 11,5 °Brix para 8,72 °Brix.

Para a acidez titulável dos frutos, houve diferença estatística entre as doses ao 5° e 20° dia. Ocorreu decréscimo da acidez titulável ao longo dos dias, e houve interação entre as doses e os dias de armazenamento refrigerado (Figura 17).

Figura 17 - Acidez titulável (% ácido málico) da polpa fresca dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5 \%$) por 20 dias.

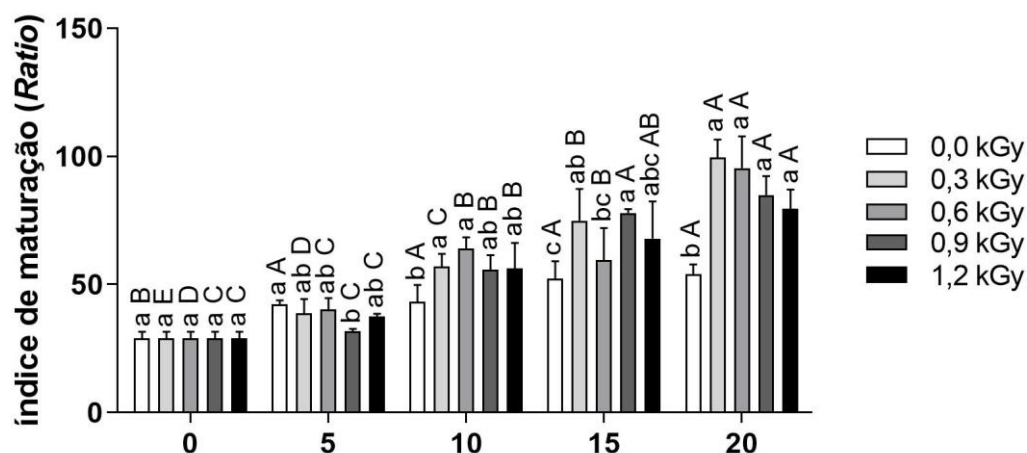


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A acidez titulável é expressa em porcentagem de ácido málico, sendo este o principal ácido orgânico relacionado à espécie *Hylocereus* (LI et al., 2018), verificado no presente trabalho. Diferindo com o presente trabalho, Hernández et al. (2019) não observou significância ($p > 0,05$) na acidez das amostras da pitaya *Stenocereus pruinosus* (Otto) tratadas com revestimentos antimicrobianos à base de quitosana durante o armazenamento, variando de 0,16% a 0,30%, além disso, os dados de pH e sólidos solúveis permaneceram sem alterações durante o armazenamento, respectivamente de 5 a 5,9 e 10 e 12,5 °Brix.

Houve interação significativa entre os fatores para o índice de maturação (*Ratio*), apresentando diferença estatística nos frutos para todos os dias e todas as doses, com exceção para as doses no dia zero que foram as mesmas amostras para todas as doses (Figura 18).

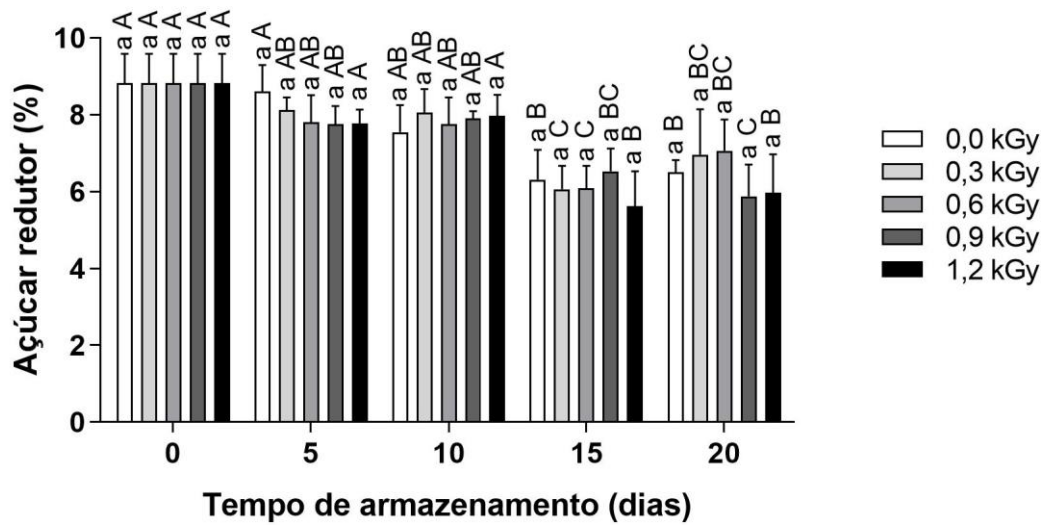
Figura 18 - Índice de maturação (*Ratio*) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5 \%$) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Para a variável açúcar redutor ocorreu diferença significativa apenas para os dias, e não houve interação entre os fatores. Quanto aos dias de armazenamento, foram observados decréscimos significativos dos teores de açúcar redutor até o dia 20 (Figura 19). Verificou-se que o decréscimo depois do dia 10 foi mais acentuado, evidenciando que os açúcares simples disponíveis foram utilizados no processo respiratório.

Figura 19 - Açúcar redutor (%) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

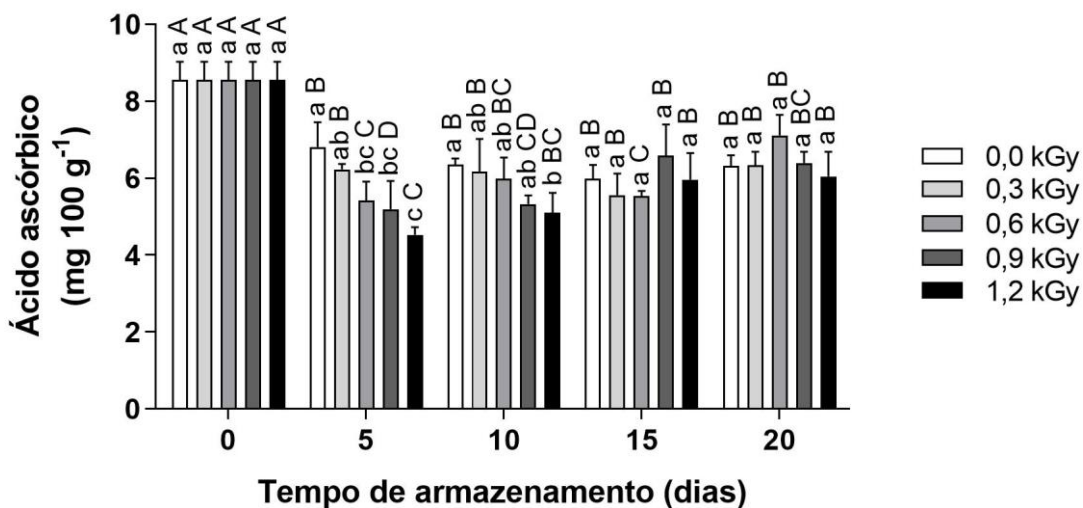


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Doses baixas de irradiação (0,075 e 0,3 kGy) não alteram o conteúdo de glicose, frutose e sacarose nos limões, pepinos, nectarinas, papaias, caquis, abobrinhas, tangerinas, e doses um pouco mais altas (1 kGy) não alteram o conteúdo de açúcares individuais nos pomelos (JAIN et al., 2017; PRAKASH e PAZ, 2019), corroborando assim com este trabalho.

Valores médios do ácido ascórbico na polpa dos frutos de pitaya evidenciaram significância para os dias de armazenamento, para as doses de irradiação e como também interação entre esses fatores. No dia 5, primeiro dia de avaliação após o dia zero, observou-se um decréscimo linear do ácido ascórbico com o aumento das doses, no dia 10 já houve um início de estabilização, e nos dias 15 e 20 já haviam estabilizados com ausência de diferença significativa entre as doses (Figura 20).

Figura 20 - Ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\text{UR } 85 \pm 5 \%$) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Exatamente como foi observado neste trabalho, Prakash e Paz, 2019 afirmam que a irradiação em frutos pode alterar o conteúdo de algumas vitaminas sensíveis como a vitamina C, principalmente como consequência dos radicais livres gerados pela irradiação. As reações desses radicais livres resultam na conversão parcial de ácido ascórbico em ácido deidroascórbico, e durante o armazenamento ocorre a reação inversa, o que explica a estabilização do ácido ascórbico iniciada no dia 10 e concretizada nos dias 15 e 20.

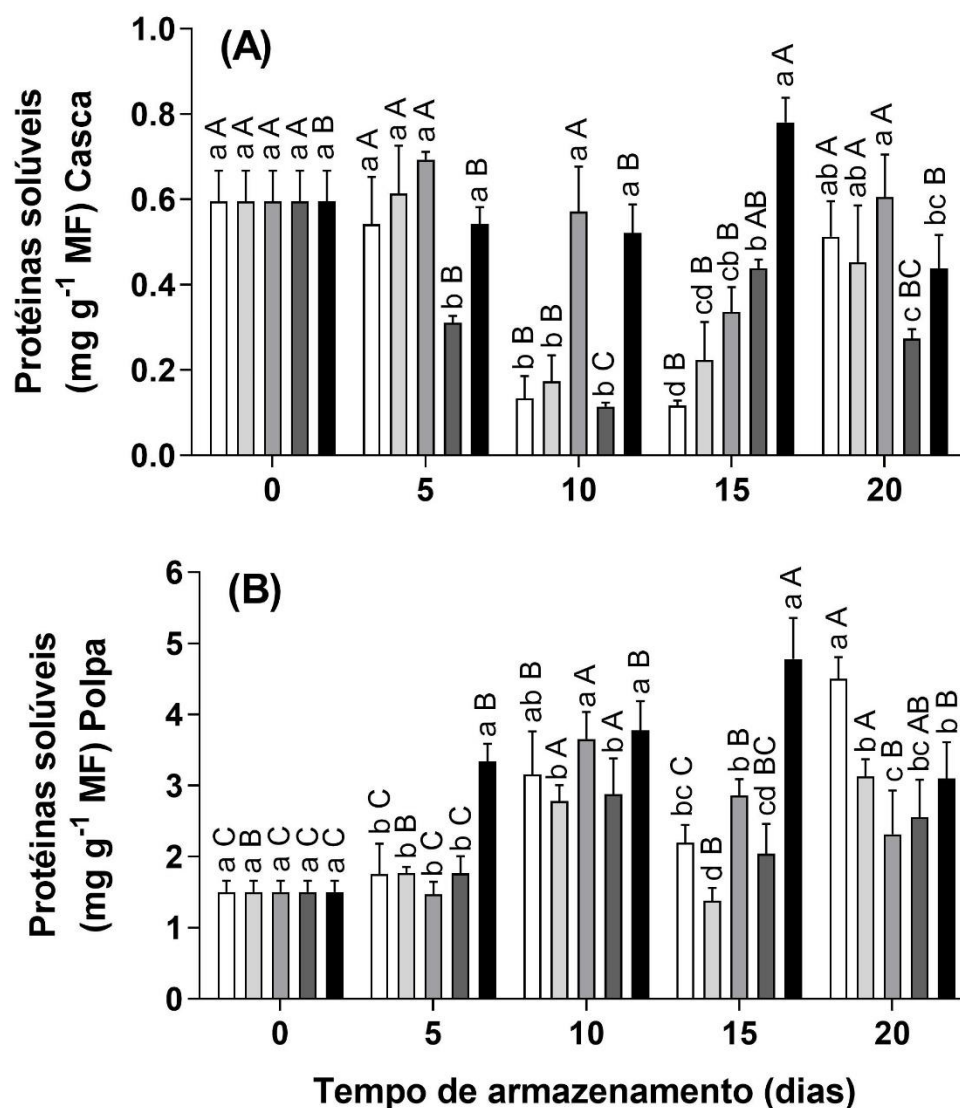
Estes autores ainda mencionam que a irradiação normalmente diminui o conteúdo de vitamina C em vegetais, embora aumentos deste composto também tenham sido induzidos, o que foi observado neste trabalho com a variação do ácido ascórbico. A diminuição da vitamina C foi tipicamente pequena ($<10\%$) com as doses abaixo de 1 kGy, e pôde ser observada imediatamente após a aplicação da irradiação.

O conteúdo de proteínas solúveis na casca e polpa foram significativos para as doses e dias, e houve interação entre os fatores. As proteínas solúveis da casca diminuíram no dia 10, com exceção da dose 0,6 kGy, e aumentou nos dias 15 e 20. No dia 15 observou-se um acréscimo conforme o aumento das doses (Figura 21 A).

Em relação aos dias, as proteínas solúveis da polpa aumentaram até o dia 10 e diminuíram no dia 15. A maior dose (1,2 kGy) nos dias 5 e 15 se destacou

proporcionando maior conteúdo de proteínas solúveis, já no dia 20 a dose 0,0 kGy que proporcionou valor superior que as outras doses (Figura 21 B).

Figura 21 - Proteínas solúveis (mg g^{-1} MFF) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

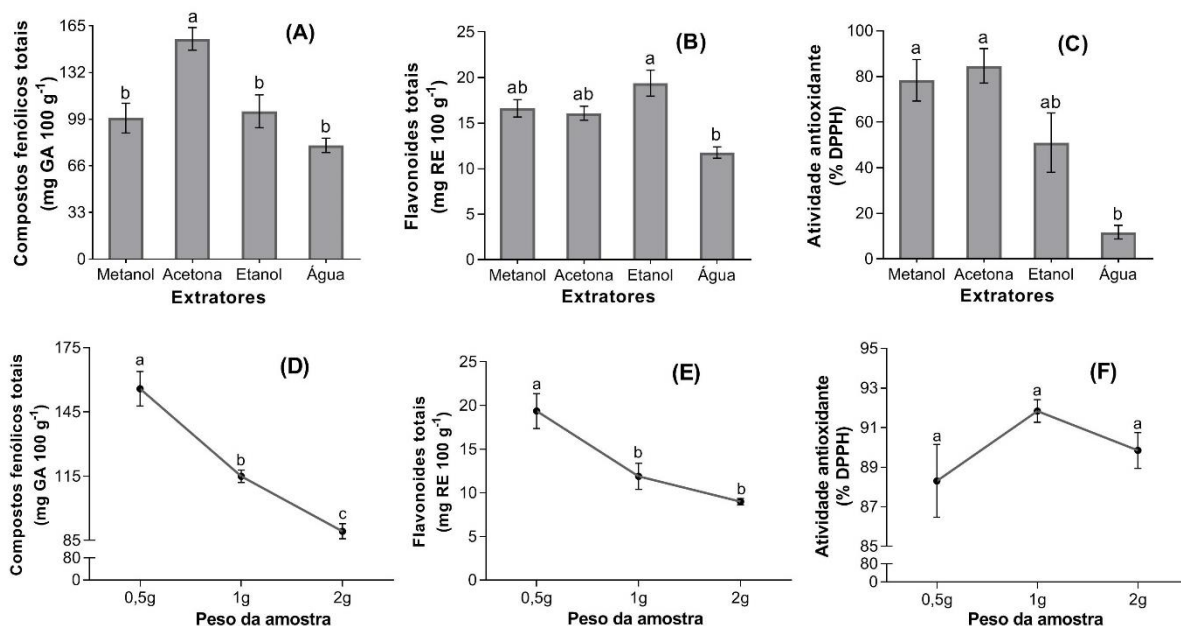
Corroborando com este trabalho, Punitha et al. (2009) observou aumento da proteína extraível total na polpa de frutos de pitaya vermelha de polpa vermelha colhidas em diferentes estágios de maturação e armazenadas por 13 dias a 23°C e

85% UR, indicando que proteínas específicas, como proteases, estavam sendo sintetizadas para senescência.

Semelhante aos resultados da casca da pitaya do presente trabalho, Barros et al. (2018), observaram diferença significativa entre as doses de radiação para o conteúdo de proteína solúvel da bebida preparada com suco de uva vermelha misturada com suco de uva branca, uma vez que aumentou o conteúdo de proteína solúvel nas doses de 6 e 9 kGy.

Os compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais (FT) e a atividade antioxidante (AA) foram significativamente afetados de acordo com os solventes extratores e pesos das amostras utilizadas na extração (Figura 22 A, B, C).

Figura 22 - Efeito dos tipos de solventes extratores e pesos das amostras de polpa de pitaya na extração de compostos fenólicos totais ($\text{mg ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) figuras A e D, flavonoides totais ($\text{mg rutina } 100 \text{ g}^{-1}$) figuras B e E, e atividade antioxidante (% de DPPH reduzido) figuras C e F.



Os valores são apresentados em médias com desvio padrão, e as letras (a, b, c) representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Dos extratores testados, acetona foi significativamente a mais eficiente para extração de CFT de pitaya, aproximadamente o dobro do que a de água que representou o valor mais baixo, mas não diferiu significativamente com metanol e etanol. Para FT, etanol apresentou o maior valor, embora não tenha diferido significativamente de metanol e acetona, mas foi superior que a água. Neste caso,

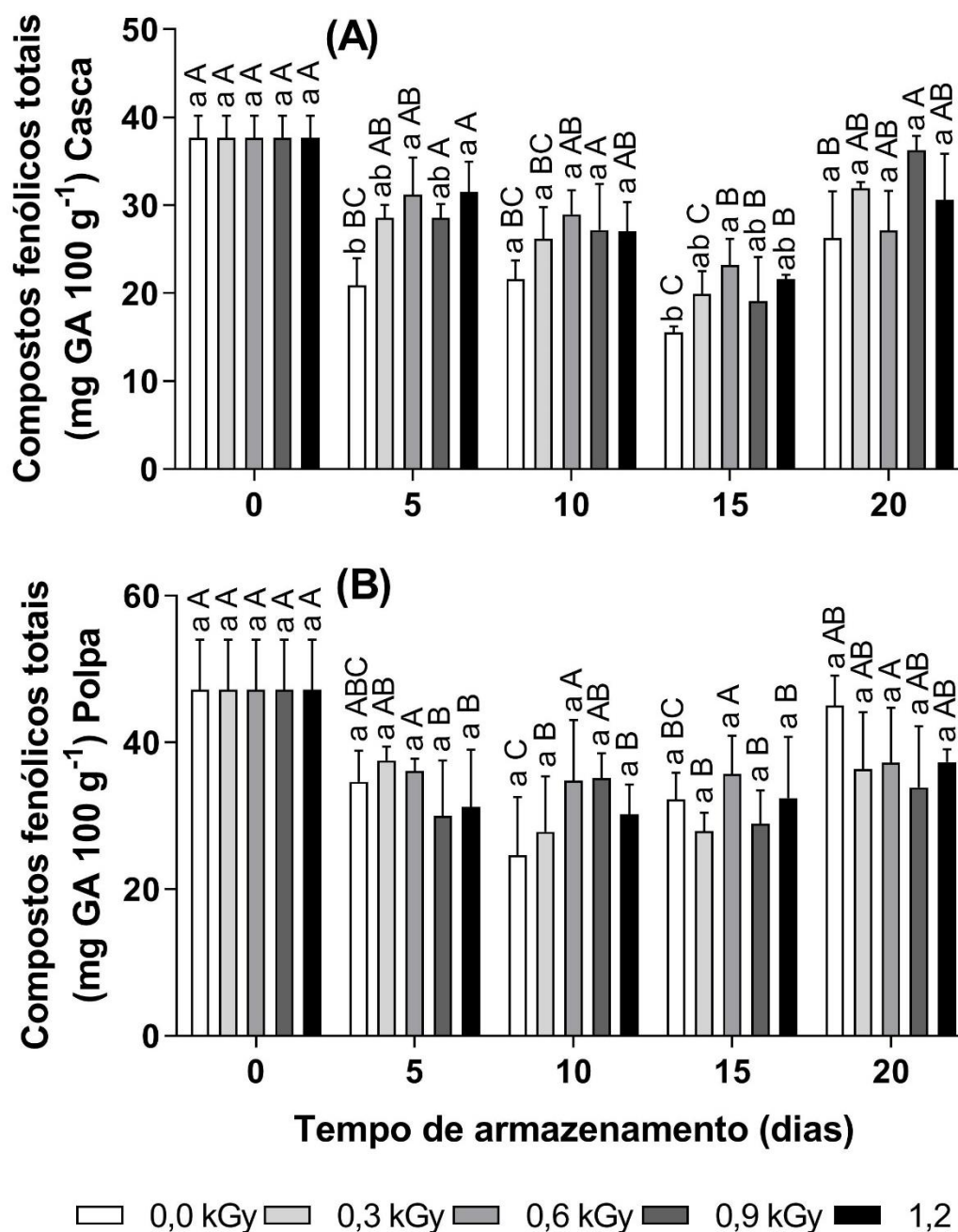
para FT o etanol foi o mais favorecido, devido à baixa toxicidade (BARROSO et al., 2011, SANAL et al., 2005).

Para a AA, acetona não diferiu significativamente de metanol e etanol, mas foi cerca de oito vezes superior que a água. Essas circunstâncias podem ser devido a algumas possíveis razões, tais como reações reversíveis que ocorrem entre a AA e alguns fenóis, bem como a lenta taxa de reação entre os radicais e as moléculas do substrato (SOM et al., 2019).

Para o peso da amostra, 0,5 g apresentou significativamente os maiores valores para CFT e FT, porém para AA não houve diferença significativa entre os pesos, então por questão de logística na preparação dos extratos, 0,5 g foi selecionada o peso ideal (Figura 22 D, E, F). Esta menor quantidade de amostra evita saturação dos compostos nos extratos, o que provavelmente aconteceu nos pesos 1 g e 2 g. Geralmente a quantidade exata de amostras utilizadas não são mencionadas na literatura, portanto este trabalho possui grande importância.

O teor de compostos fenólicos apresentou diferença significativa na casca para as doses e dias, e para a polpa apenas nos dias, e não houve interação entre os fatores para ambas partes dos frutos (Figura 23). A dose 0,6 kGy para a casca se destacou nos dias 5 e 15 por apresentar significativamente maior teor de compostos fenólicos em comparação com o controle. Na casca e polpa dos frutos ao longo dos dias, houve diminuição dos compostos fenólicos até o dia 15 e aumento no dia 20.

Figura 23 - Compostos fenólicos totais - CFT (mg de ácido gálico 100 g⁻¹) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

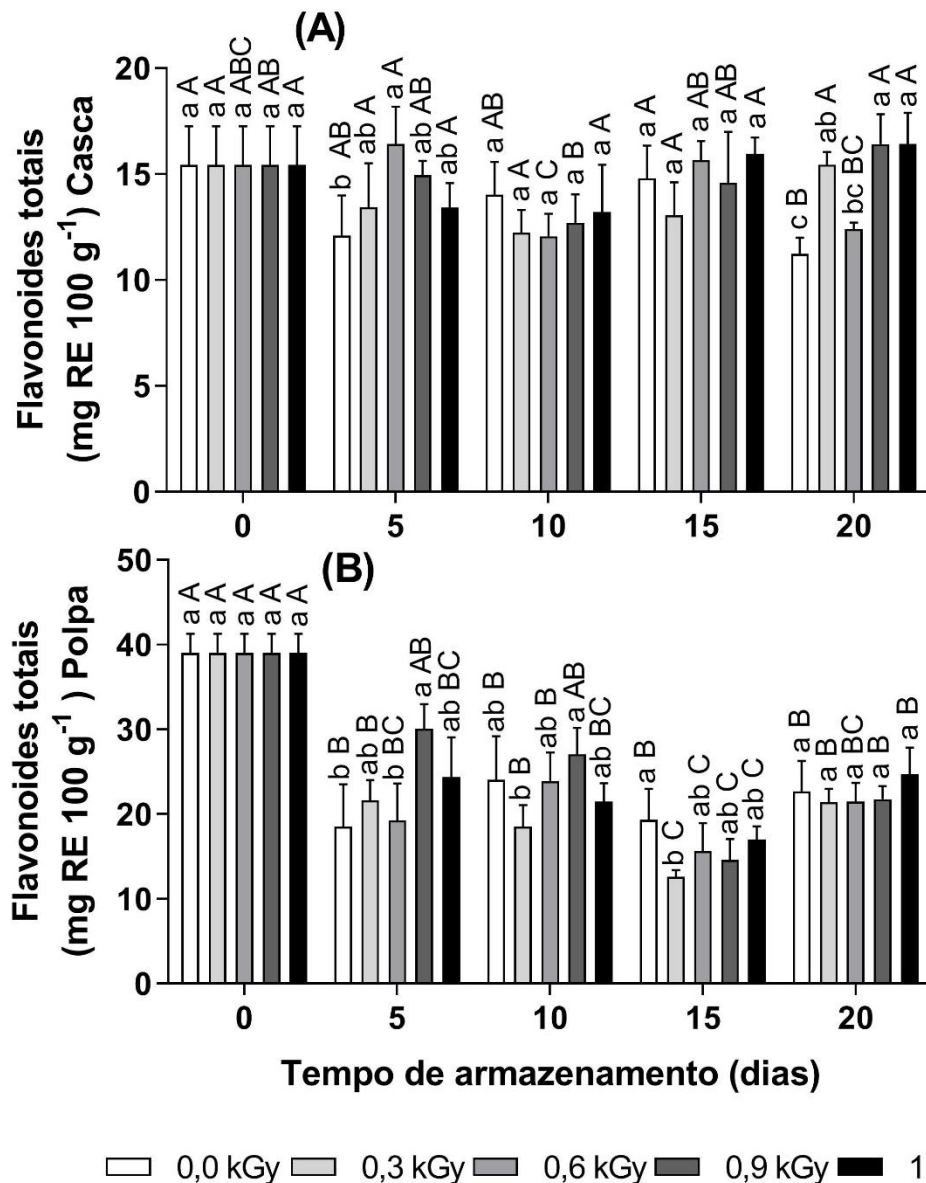


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados deste estudo diferem com os trabalhos de Shahbaz et al. (2014) e Ashtari et al. (2019), os quais investigaram os efeitos da irradiação gama em doses de 0,0, 0,4, 1,0 e 2,0 kGy e 0, 1, 3 e 5 kGy respectivamente, na qualidade de frutos de romã, uma vez que observaram redução do teor de compostos fenólicos em comparação com os frutos controle.

Para os flavonoides, houve diferença significativa para as doses e dias tanto na casca como na polpa, mas houve interação entre os fatores apenas para a casca (Figura 24). Para a casca no dia 5 a dose 0,6 kGy apresentou teor de flavonoide superior a dose zero, e para a polpa a dose 0,9 kGy apresentou este mesmo comportamento. Para a casca no dia 20, as doses 0,9 e 1,2 kGy proporcionaram maior teor de flavonoide comparado com as doses zero e 0,6 kGy.

Figura 24 - Flavonoides totais - FT (mg de rutina 100 g⁻¹) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

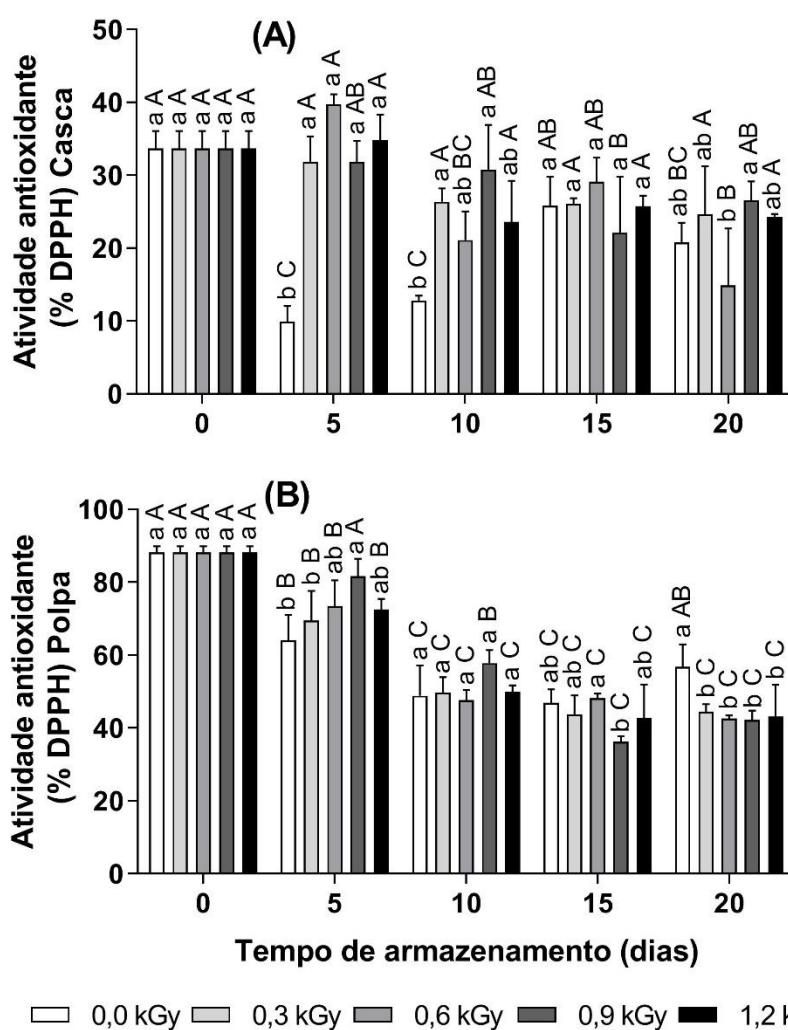


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Hua et al. (2018) caracterizando frutos de pitaya de diferentes cultivares na China, observou 1 mg g/rutina na casca e 0,6 mg g/rutina na polpa de pitaya vermelha de polpa branca, diferindo aos resultados deste presente trabalho, uma vez que foi observado maiores valores na polpa.

A atividade antioxidante foi significativamente diferente para cada fator, e houve interação entre os fatores, tanto para a casca como para a polpa. A dose zero proporcionou menor atividade antioxidante na casca dos frutos nos dias 5 e 10, nos demais dias se manteve similar as outras doses (Figura 25). Na polpa, a dose zero proporcionou maior atividade no dia 20. Em geral, na polpa, a atividade antioxidante foi diminuindo ao longo dos dias.

Figura 25 - Atividade antioxidante - AA (% de DPPH reduzido) da casca (A) e polpa (B) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

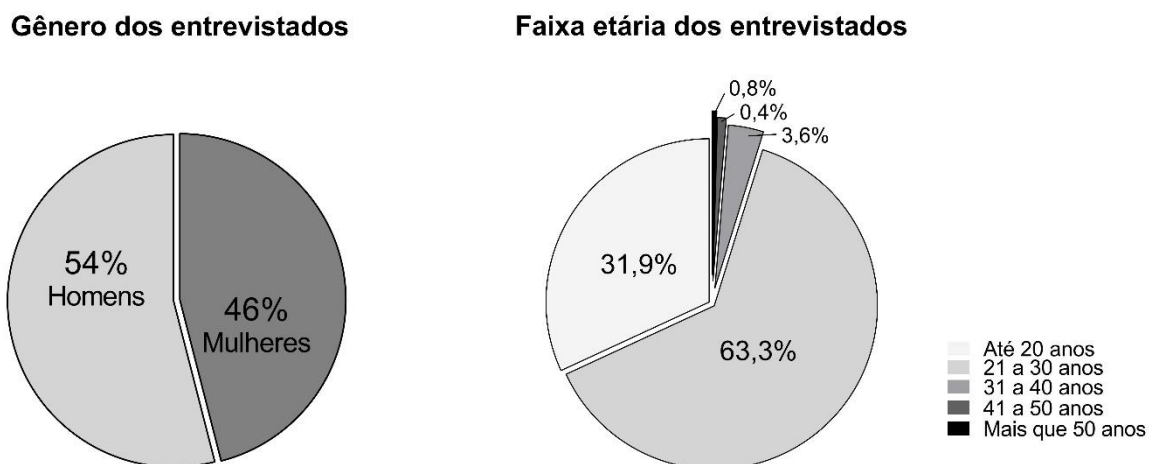


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado na polpa, aproximadamente o dobro de atividade antioxidante da casca, diferindo com os resultados de Kim et al. (2011), uma vez que estes autores observaram o contrário ao caracterizar diferentes espécies de pitaya na Coreia do Sul, com 68% de antioxidante total na casca e 24% na polpa da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*).

Durante a análise sensorial dos frutos de pitaya irradiados, foi perguntado aos avaliadores o gênero e a faixa etária. O gênero dos participantes foi bem distribuído, já a idade dos avaliadores foi mais concentrada por pessoas de até 20 e 30 anos. A maioria dos avaliadores com idade abaixo de 30 anos eram estudantes dos cursos de graduação da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Campus Botucatu, a pequena parte acima de 30 anos foram compostas por funcionários do Campus (Figura 26).

Figura 26 - Gênero e faixa etária dos avaliadores dos frutos da análise sensorial.



Também foi perguntado aos avaliadores de ambos os gêneros e de cada gênero, se já conhecia e se já havia consumido o fruto da pitaya. Mais de 94 % dos avaliadores de ambos os gêneros já conheciam o fruto da pitaya, com destaque para as mulheres que mais de 99 % já conheciam o fruto e os homens 91 %. Porém cerca de 30 %, de ambos os gêneros e de cada gênero, nunca haviam consumido o fruto, provavelmente devido aos altos preços observados nos supermercados e quitandas (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Conhecimento, quanto ao fruto da pitaya, dos avaliadores, de ambos os gêneros e de cada gênero, na análise sensorial.

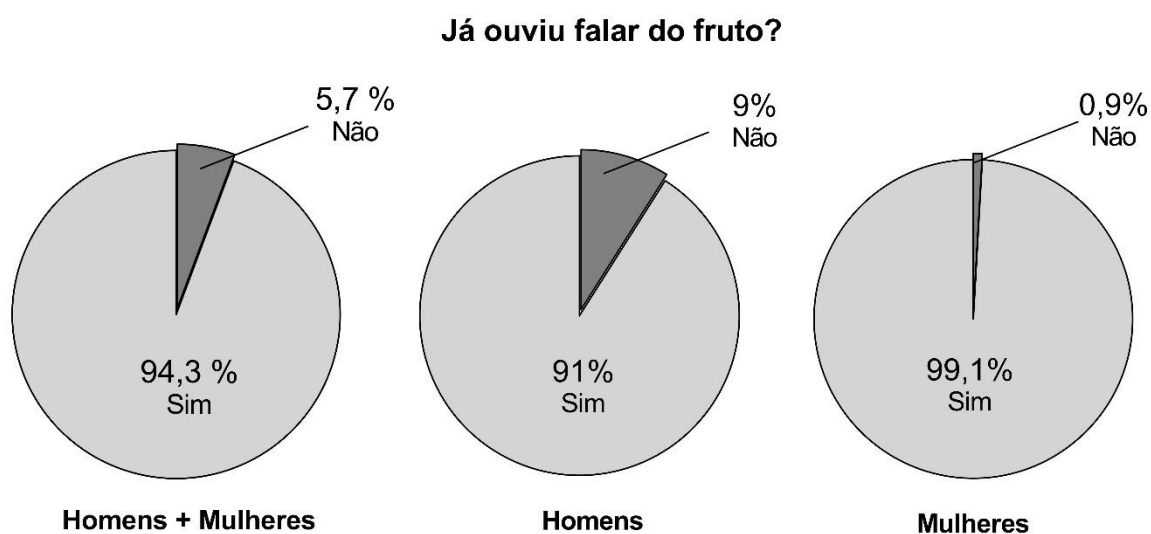
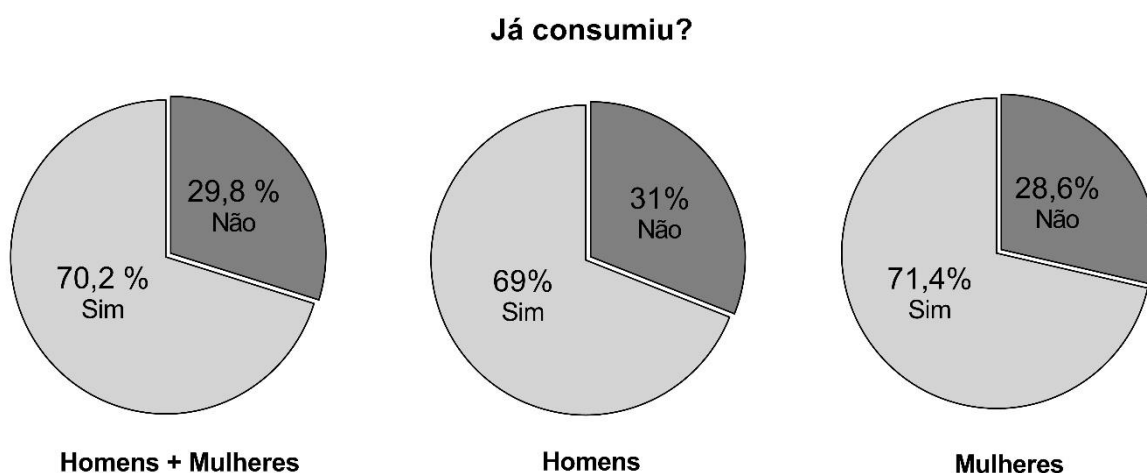


Figura 28 - Consumo do fruto, se já consumiu ou não, pelos avaliadores de ambos os gêneros e de cada gênero, na análise sensorial.



A análise sensorial foi realizada apenas nos dias zero, 5, 10 e 15 dias de armazenamento refrigerado, os avaliadores analisaram os frutos quanto a aparência e intenção de compra. No dia 20 os frutos do experimento já apresentavam características sensoriais ruins, com deterioração externamente, portanto não foi realizado a análise sensorial neste último dia, embora a polpa apresentasse boas características.

Foi possível observar que nos dias 15 e 20 os frutos submetidos às doses 0,9 kGy e 1,2 kGy estavam mais íntegros, comparados aos frutos submetidos às demais

doses (figura 29). Desta forma, as médias das notas dos avaliadores na aparência e intenção de compra no dia 15 foram maiores para os frutos submetidos com a dose 1,2 kGy. E no dia 20 os frutos apresentaram aparência inviável para o consumo *in natura*.

Figura 29 - Frutos da pitaya vermelha de polpa branca tratados com doses de irradiação gama e armazenados em câmara fria (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

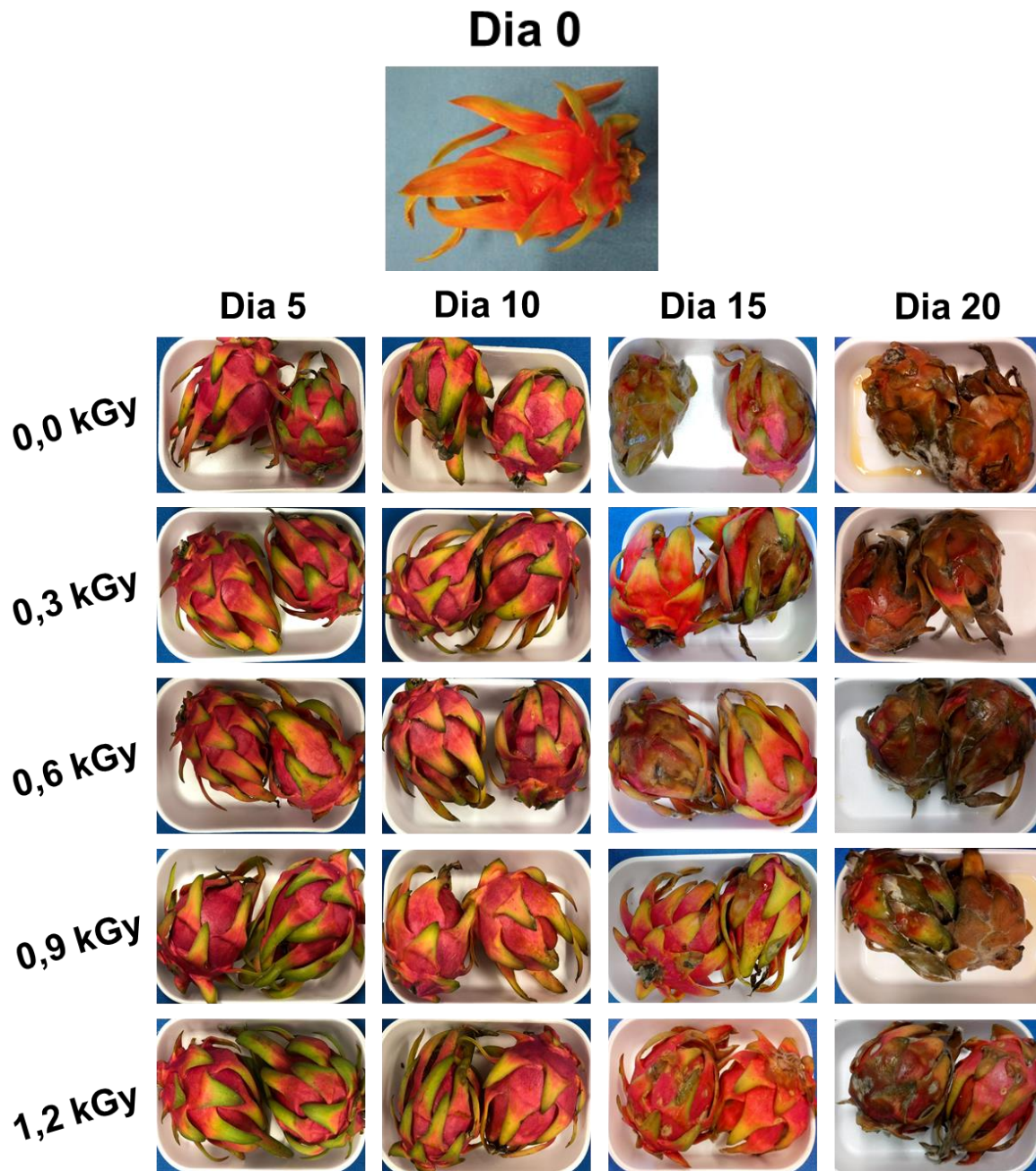
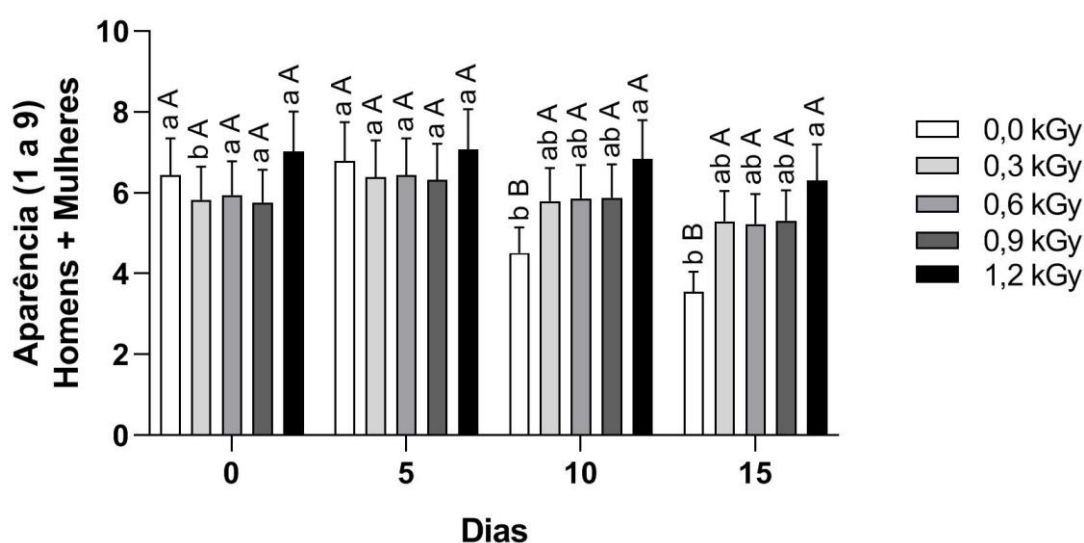


Foto: Vander Lacerda (2019)

Quanto a aparência dos frutos, foi possível observar que a dose 1,2 kGy apresentou maior média das notas atribuídas pelos avaliadores, e a dose zero apresentou menor média (Figura 30).

Figura 30 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores de ambos os gêneros na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.

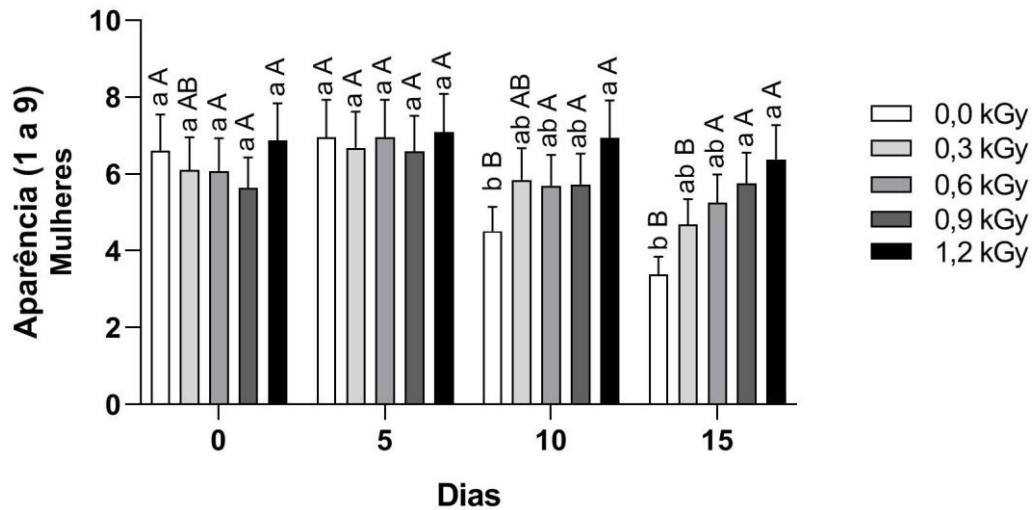


Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Lessa (2019), no estado do Rio Grande do Sul, avaliando a aceitabilidade dos frutos da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*) e pitaya vermelha de polpa rosa (*Hylocereus costaricensis*), evidenciou coeficiente de correlação positivo, representando que quando ocorre aumento na coloração característica do fruto, igualmente é verificado acréscimo na aparência visual desses frutos. Portanto, no presente trabalho a irradiação manteve a coloração nos frutos, proporcionando maior média da aparência visual.

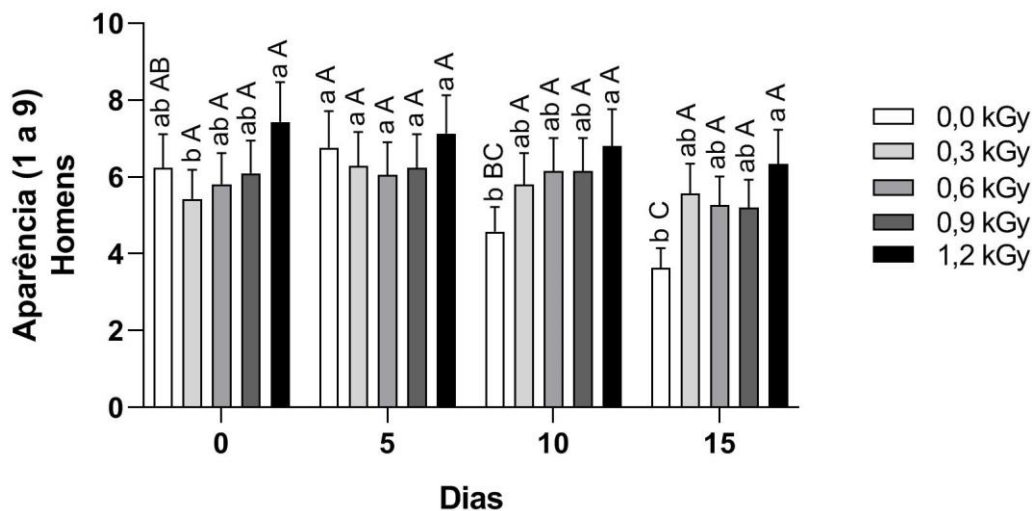
As notas da aparência atribuída pelos avaliadores de cada gênero separadamente, foram semelhantes em cada gênero e de ambos os gêneros (Figuras 31 e 32).

Figura 31 - Médias das notas atribuídas pelas avaliadoras do gênero feminino na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5 \%$) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

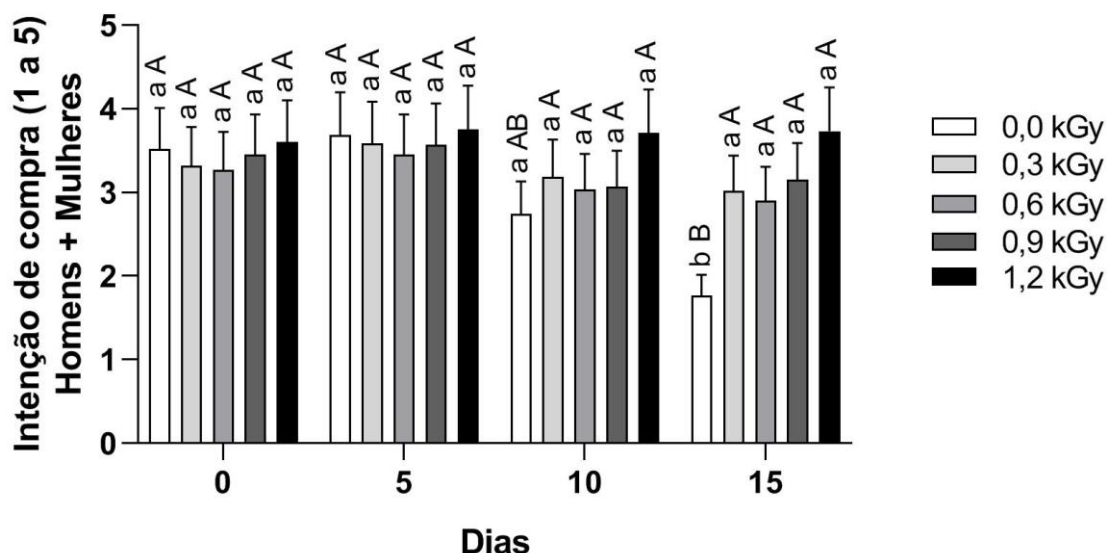
Figura 32 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores do gênero masculino na análise sensorial, quanto a aparência (1 a 9) dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5 \%$) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Quanto a intenção de compra dos frutos, também foi possível observar que a dose 1,2 kGy proporcionou maior média, enquanto a dose zero, sem irradiação, apresentou menor média (Figura 33).

Figura 33 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores de ambos os gêneros na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



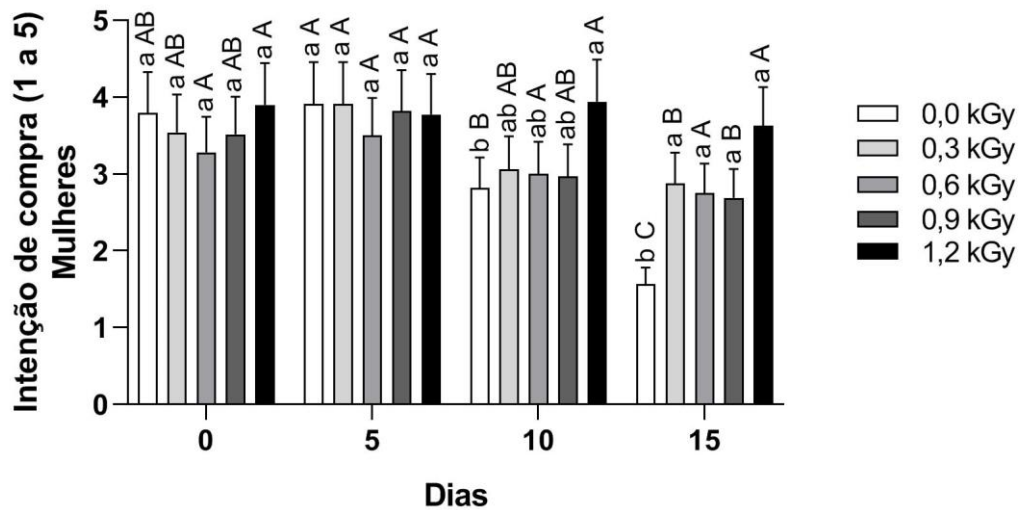
Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Silva et al. (2017), realizando análise sensorial de pitaya cultivada no agreste meridional pernambucano, demonstraram que a pitaya apresenta atributos bem aceitos pelos consumidores, e verificaram ainda que mais de 50% dos julgadores estão dispostos a comprar o fruto e mais de 30% ficaram em dúvida. No presente trabalho houve mais avaliadores interessados, cerca de 70% estavam dispostos a comprar os frutos.

A aparência e intenção de compra dos frutos de pitaya resultaram em valores diretamente proporcionais, corroborando com o resultado descrito por Pacheco et al. (2014) ao mencionar que o principal atrativo de qualidade em frutos para o consumidor é a coloração, ou seja, a aparência, sendo determinante na aquisição, pois é associada com a maturação, frescor e também com o sabor.

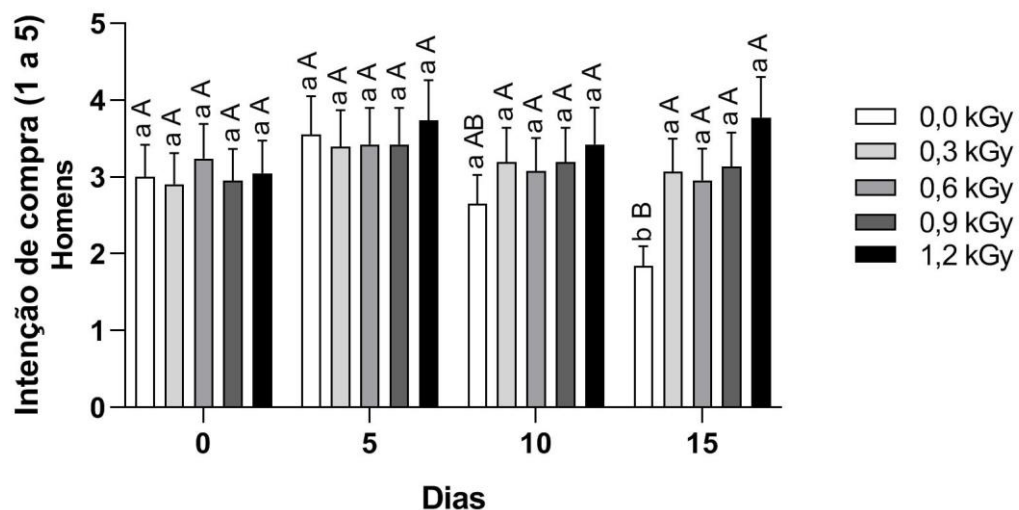
As notas da intenção de compra atribuída pelos avaliadores de cada gênero separadamente, foram semelhantes em cada gênero e de ambos os gêneros (Figuras 34 e 35).

Figura 34 - Médias das notas atribuídas pelas avaliadoras do gênero feminino na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 35 - Médias das notas atribuídas pelos avaliadores do gênero masculino na análise sensorial, quanto a intenção de compra (1 a 5), dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados (12 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %) por 20 dias.



Letras minúsculas diferem todas as doses em um único tempo de armazenamento e letras maiúsculas diferem todos os tempos de armazenamento em uma única dose, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Houve correlações significativas entre as coordenadas de cores (L^* , C^* e h°) da casca, variáveis físicas, físico-químicas e sensoriais. Houve uma correlação intensa entre as variáveis da cor da casca, que estão diretamente associadas à cor ou matiz dos frutos, e as variáveis sensoriais aparência e intenção de compra. Para as cores da polpa não houve correlação. No caso do valor L , variável normalmente associada a brilho e frescor houve uma correlação média com a firmeza (Tabela 6).

Tabela 6 - Estimativas das correlações de Pearson entre parâmetros dos frutos de pitaya tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1^\circ\text{C}$ e $\text{UR } 85 \pm 5\%$) por 20 dias.

	PM	FIR	ESP	LC	CC	HC	SS	AT	RAT	AR	APA	INT
PM	1,00	-0,85	-0,82	-0,62	-0,71	0,70	-0,46	-0,83	-0,79	-0,69	-0,78	-0,72
FIR		1,00	0,80	0,62	0,69	-0,71	0,32	0,65	-0,71	0,69	0,76	0,72
ESP			1,00	0,59	0,89	-0,87	0,22	0,61	-0,70	0,48	0,93	0,87
LC				1,00	0,58	-0,55	0,10	0,41	-0,54	0,35	0,51	0,43
CC					1,00	-0,92	0,07	0,41	-0,51	0,38	0,87	0,82
HC						1,00	-0,11	-0,39	0,53	-0,39	-0,87	-0,81
SS							1,00	0,53	-0,28	-0,71	0,21	0,17
AT								1,00	-0,90	0,71	0,54	0,51
RAT									1,00	-0,59	-0,64	-0,60
AR										1,00	0,48	0,45
APA											1,00	0,97
INT												1,00
Correlação positiva a $p < 0,05$						Correlação negativa a $p < 0,05$						

Perda de massa (PM), Firmeza (FIR), espessura da casca (ESP), luminosidade da casca (LC), cor da casca (CC), $^{\circ}$ hue da casca (HC), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), *Ratio* (RAT), açúcar redutor (AR), aparência (APA) e intenção de compra (INT).

A correlação entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante das respectivas partes dos frutos (casca e polpa), mostrou-se positiva, comprovando a alta capacidade antioxidante desses compostos (Tabela 7). Principalmente os flavonoides na polpa, que apresentou forte correlação com a atividade antioxidante, demonstrando que a irradiação gama não interferiu negativamente no teor desse composto bioativo. Comportamento semelhante foi observado na casca para compostos fenólicos totais.

Tabela 7 - Estimativas das correlações de Pearson entre os compostos bioativos dos frutos tratados com doses de irradiação gama e armazenados ($12 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\text{UR } 85 \pm 5 \%$) por 20 dias.

	CFT C	CFT P	FT P	AA C	AA P
CFT C	1,00	0,51	0,55	0,61	0,56
CFT P		1,00	0,53	0,29	0,58
FT P			1,00	0,32	0,74
AA C				1,00	0,53
AA P					1,00
Correlação positiva a $p < 0,05$					

Compostos fenólicos totais da casca (CFT C), compostos fenólicos totais da polpa (CFT P), flavonoides totais da polpa (FT P), atividade antioxidante da casca (AA C) e atividade antioxidante da polpa (AA P).

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- A utilização da irradiação gama cobalto-60, combinada ao armazenamento refrigerado são métodos físicos viáveis para conservação da pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus*), sendo que a dose recomendada é 0,9 kGy.
- As doses de irradiação 0,9 e 1,2 kGy reduziram a perda de massa e a deterioração dos frutos, mantiveram a espessura da casca, o rendimento de polpa e os atributos sensoriais, com boa aparência e intenção de compra. As doses 0,6 e 0,9 kGy mantiveram o teor de compostos bioativos ao longo do período de armazenamento.
- As condições ótimas de extração dos compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa dos frutos de pitaya foram: extrator acetona para os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, e o etanol para flavonóides totais. O peso ideal da amostra para as variáveis analisadas foi 0,5 g.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. C. D.; LOPES, C. D. O.; PINTO, K. M.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, G. B. M. D.; BARCELO, M. D. F. P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.

ALEXANDRE, E. M.; BRANDÃO, T. R.; SILVA, C. L. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 3, p. 417-426, 2012.

ANDREWS, L. S.; AHMEDNA, M.; GRODNER, R. M.; LIUZZO, J. A.; MURANO, P. S.; MURANO, E. A.; WILSON, P. W. Food preservation using ionizing radiation. In: **Reviews of environmental contamination and toxicology**. Springer, New York, NY, 1998. p. 1-53.

APHIS, U.S. **Animal and Plant Health Inspection Service**. Department of Agriculture Interstate movement of fruit from Hawaii. Final rule. Fed. Regist. v. 73, n. 1, p. 24851–24856, 2008.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international In Fruits juices**. 16ª edição, Maryland, v. 2, .p 37.1 -23, 1997.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis, 17 ed. **AOAC Internacional**: Gaithersburg, MD. 2000.

AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international. 18. ed. Gaithersburg: **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY**, 2005.

ASHTARI, M.; KHADEMI, O.; SOUFBAF, M.; AFSHARMANESH, H.; SARCHESHMEH, M. A. A. Effect of gamma irradiation on antioxidants, microbiological properties and shelf life of pomegranate arils cv. 'Malas Saveh'. **Scientia horticulturae**, v. 244, p. 365-371, 2019.

ABNT, NBR. 12806. "Análise sensorial dos alimentos e bebidas". **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1993.

BARBEAU, G. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. **Fruits**; v. 45, n. 2, p. 141-174, 1990.

BARROS, É. A.; COSTA, V. E.; BRESSAN, D. F.; DOS SANTOS COSCOLIN, R. B.; VIEITES, R. L.; BROETTO, F. Evaluation of gamma irradiation effect on physico-chemical properties of a mixed beverage based in soy milk and grape juice. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 316, n. 1, p. 29-36, 2018.

BARROSO, M. S. T.; VILLANUEVA, G.; LUCAS, A. M.; PEREZ, G. P.; VARGAS, R. M. F.; BRUN, G. W.; CASSEL, E. Supercritical fluid extraction of volatile and non-volatile compounds from *Schinus molle* L. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 28, n. 2, p. 305-312, 2011.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRASIL. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Inspeção Vegetal. Serviço de Inspeção Vegetal. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/nao-alcoolicos-22-acido-ascorbico.pdf> >. Acesso em: 14 outubro 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para Análises de Alimentos. 4. ed. Brasília: **Ministério da Saúde**, (Série A. Normas e Manuais técnicos), 1018p. 2005.

BROCKINGTON, S. F.; WALKER, R. H.; GLOVER, B. J.; SOLTIS, P. S.; SOLTIS, D. E. 2011. Complex pigment evolution in the Caryophyllales. **New Phytologist**, v. 190, n. 4, p. 854-864, 2011.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Vol. I and II. **Dover Publications Inc.**, New York, USA, p. 183-195, 1963.

BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.

CALVO, W. A. P. **Desenvolvimento do sistema de irradiação em um irradiador multipropósito de Cobalto-60 do tipo compacto**. 2005. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2005.

CATUXO, A. L. T.; COSTA, F. B. **Análise sensorial e pesquisa de mercado sobre o potencial de comercialização de pitaya no município de Parauapebas-PA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2019

CHARRONDIERE, U. R.; STADLMAYR, B.; RITTENSCHOBBER, D.; MOUILLE, B.; NILSSON, E. FAO/INFOODS Food Composition database for biodiversity. **Food Chem**, v. 140, n. 3, 408-412, 2013.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Póscolheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. amp. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, COMISSÃO NACIONAL DE NORMAS E PADRÕES PARA ALIMENTOS. Normas Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. 1978.

CONTRERAS OVALLE, Noé Israel. **Estudio de los factores que afectan la producción de pigmentos betaláínicos en raíces transformadas de cactáceas**. 2019. Tesis (doctorado en ciencias biológicas) - Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes-México, 2019.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. Caracterização física, química e nutricional da pitaya-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. D. R.; DUARTE, M. H. Flowering and fructification in different types of cladodes red pitaya in Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 279-284, 2014.

DE MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; DE OLIVEIRA LIMA, L. C.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. D. C. M. R.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaya vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 631-643, 2015.

DUARTE, M. H.; QUEIROZ, E. D. R.; ROCHA, D. A.; COSTA, A. C.; ABREU, C. M. P. D. Quality of pitaya (*Hylocereus undatus*) submitted to organic fertilization and stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

FATHORDOOBADY, F.; MIRHOSSEINI, H.; SELAMAT, J.; MANAP, M. Y. A. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus* flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction. **Food chemistry**, v. 202, p. 70-80, 2016.

FDA, U. S. Irradiation in the production, processing, and handling of food, final rule. **Federal Register**, v. 51, p. 13375-13399, 1986.

FERNANDES, L. M. S. **Conservação frigorificada de pitaya orgânica irradiada**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2011.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; CERQUEIRA, R. C.; BRAGA, C. L.; SIRTOLI, L. F.; AMARAL, J. L. Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**. Rondonópolis, v. 9, n 1, 2010.

FERREIRA, D. C. **Dosimetria de processos de irradiação gama com diodos comerciais de silício**. 2009. Dissertação (Mestrado em ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FLORA OF CHINA. Editorial Committee: Flora of China. St. Louis, Missouri and Cambridge, Massachusetts, USA: **Missouri Botanical Garden and Harvard University Herbaria**, 2015.

FRÓES J. P.; CARDOSO, N.; REBELLO, F.; HOMMA, A.; LOPES, M. Aspectos da produção, comercialização e desenvolvimento da cultura da pitaya no estado do Pará. **Enciclopedia Biosfera**, v. 16, p. 264-279, 2019.

GANDÍA-HERRERO, F.; GARCÍA-CARMONA, F.; ESCRIBANO, J. Floral fluorescence effect. **Nature**, v. 437, n. 7057, p. 334-334, 2005.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; JOAQUÍN-CRUZ, E. Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruits. **Plant foods for human nutrition**, v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013.

GARCIA-SALAS, P.; MORALES-SOTO, A.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 8813-8826, 2010.

GEORGIEV, V.; ILIEVA, M.; BLEY, T.; PAVLOV, A. Betalain production in plant in vitro systems. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, n. 5, p. 581-593, 2008.

GLOBAL COMPENDIUM OF WEEDS. ***Hylocereus undatus* (Cactaceae)**, 2015.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

HATLESTAD, G. J.; SUNNADENIYA, R. M.; AKHAVAN, N. A.; GONZALEZ, A.; GOLDMAN, I. L.; MCGRATH, J. M. E.; LLOYD, A. M. The beet R locus encodes a new cytochrome P450 required for red betalain production. **Nature Genetics**, v. 44, n. 7, p. 816, 2012.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. REINHOLD. Betalain stability and degradation—structural and chromatic aspects. **Journal of food science**, v. 71, n. 4, p. R41-R50, 2006.

HERNÁNDEZ-VALENCIA, C. G.; ROMÁN-GUERRERO, A.; AGUILAR-SANTAMARÍA, Á.; CIRA, L.; SHIRAI, K. Cross-Linking Chitosan into Hydroxypropylmethylcellulose for the Preparation of Neem Oil Coating for Postharvest Storage of Pitaya (*Stenocereus pruinosus*). **Molecules**, v. 24, n. 2, p. 219, 2019.

HOAT, T. X.; QUAN, M. V.; HIEN, N. T. T.; NGOC, N. T. B.; THANH, H. M.; LIEM, N. V. Dragon Fruit production in Vietnam: Achievements and Challenges. **FFTC Agricultural Policy Platform: Taipei, Taiwan**, 2018.

HUA, Q.; CHEN, C.; ZUR, N. T.; WANG, H.; WU, J.; CHEN, J.; QIN, Y. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. **Plant physiology and biochemistry**, v. 126, p. 117-125, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resultados do **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 17 out. 2019.

ICRU. International Commission on Radiation Units and Measurements. Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, **ICRU Report 85a-Revised**. 2012.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Gamma irradiators for radiation processing. **Viena, Austria**, 2005.

INVASIVEORG. NIGHTBLOOMING CACTUS, ***Hylocereus undatus (Haw.)*** Britt. & Rose. 2015. Disponível em: <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=0019025> Acesso em 15 ago. 2018.

JAIN, A.; ORNELAS-PAZ, J. J.; OBENLAND, D.; RODRIGUEZ, K.; PRAKASH, A. Effect of phytosanitary irradiation on the quality of two varieties of pummelos (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.). **Scientia Horticulturae**, v. 217, p. 36-47, 2017.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A.V.; Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz) nativa do Cerrado. Planaltina: **EMBRAPA**, 18p. (Documentos, 62). 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566991/1/doc62.pdf>.

KÄFERSTEIN, F.K.; MOY, G.G. Public health aspects of food irradiation. **Journal of Public Health Policy**, v.14, n.2, p.149-163, 1993.

KHAN, A.; HUQ, T.; KHAN, R. A.; DUSSAULT, D.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Effect of gamma radiation on the mechanical and barrier properties of HEMA grafted

chitosan-based films. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 81, n. 8, p. 941-944, 2012.

Li, X.; Li, M.; Wang, J.; Wang, L.; Han, C.; Jin, P.; Zheng, Y. Methyl jasmonate enhances wound-induced phenolic accumulation in pitaya fruit by regulating sugar content and energy status. **Postharvest Biology and Technology**, v. 137, p. 106-112, 2018.

LIAOTRAKOON, W.; DE CLERCQ, N.; LEWILLE, B.; DEWETTINCK, K. Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus* spp.) as affected by freeze-drying. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 2, 2012.

LIMA, C. A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

LI-CHEN, W.; HSIU-WEN, H.; YUN-CHEN, C.; CHIH-CHUNG, C.; YU-IN L, JA-AN AH. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chem.** v. 95, p. 319-327, 2006.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

LESSA, Filipe de Oliveira. **Caracterização e avaliação sensorial de frutos de pitaya (*Hylocereus* spp.)**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

LOAHARANU, P. Cost benefit aspects of food irradiation. **Food Technology**, v.48, n.1, p.104-108, 1994.

MAGALHÃES, D. S.; RAMOS, J. D.; PIO, L. A. S.; BOAS, E. V. D. B. V.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A.; RUFINE, J. C. M.; DOS SANTOS, V. A. Physical and physicochemical modifications of white-fleshed pitaya throughout its development. **Scientia horticultrae**, v. 243, p. 537-543, 2019.

MAHAN, L. K., ESCOTT-STUMP S. Alimentos, **nutrição & dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Roca; 2005.

MASTRO, N. L. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. **Vigil. sanit. Debate**, v. 3, n. 2, p. 114-121, 2015.

MERCADO-SILVA, Edmundo M. Pitaya—*Hylocereus undatus* (Haw). In: **Exotic fruits**. Academic Press, 2018. p. 339-349.

MIGUEL, A. C. A.; SPOTO, M. H. F.; ABRAHÃO, C.; SILVA, P. P. M. Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi pérola. **Ciência Agrotécnica**, Lavras. v. 31, n. 2, p. 563- 569, 2007.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. 1998. 59p.

MIZRAHI, J. Vine-cacti pitayas - The new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.

MIZRAHI Y.; NERD, A.; NOBEL, P.S. Cacti as crop, **Horti. Rev**, v. 18, p. 291-320, 1997.

MOKRANI, A.; MADANI, K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. **Separation and Purification Technology**, v. 162, p. 68-76, 2016.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of chromatography A**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NAKATSUKA, T.; YAMADA, E.; TAKAHASHI, H.; IMAMURA, T.; SUZUKI, M.; OZEKI, Y.; TSUJIMURA, I.; SAITO, M.; SAKAMOTO, Y.; SASAKI, N.; NISHIHARA, M. Genetic engineering of yellow betalain pigments beyond the species barrier. **Scientific reports**, v. 3, p. 1970, 2013.

N'GUYEN, V. K. Floral induction study of dragon fruit crop (*Hylocereus undatus*) by using chemicals, Univ. Agric. Forest., Fac. Agron., Hô Chi Minh-ville, **Vietnam**, v. 54, 1996.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biologic Chemistry**, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 1, p. 39-45, 1999.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of vine and columnar cacti. In: Nobel, P.S. (Ed.), **Cacti: Biology and uses**. University of California Press, Los Angeles, California, pp. 185–198, 2002.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos. São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2005.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Revista Gaia Scientia**. v. 8, n. 1, p. 90-98. 2014.

NURUL, S. R.; ASMAH, R. Variability in nutritional composition and phytochemical properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) from Malaysia and Australia. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, 2014.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.

PACHECO, C.A.; SCHINOR, E.H.; AZEVEDO, F.A.; BASTIANE, M.; CRISTOFANI-YALY, M. Caracterização de frutos do tangor TMxLP 290 para mercado de fruta fresca. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.4, 2014.

PAVOKOVI, D.; KRŠNIK-RASOL, M. Complex biochemistry and biotechnological production of betalains. **Food Technology and Biotechnology**, v. 49, n. 2, p. 145-155, 2011.

PEREDA, J. A. O. Em Tecnologia de Alimentos: **Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PICO, A. L. N. **Estudio del efecto de la irradiación con rayos gamma en la calidad poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) entera y**

cortada. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química), Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 2016.

PINTO, S. M.; MOREIRA, I. S. Formas de uso da radiação para conservação dos alimentos: uma abordagem bibliográfica. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 14, n. 2, 2018.

PRAKASH, Anuradha; DE JESÚS ORNELAS-PAZ, José. Irradiation of Fruits and Vegetables. In: **Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities**. Woodhead Publishing, 2019. p. 563-589.

PUNITHA, V.; BOYCE, A. N.; CHANDRAN, S. Activity of cell wall degrading enzymes in *Hylocereus polyrhizus*. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 43, n. 4, 2009.

QINGZHU, H.; CHENGJIE, C.; ZHE, C.; PENGKUN, C.; YUEWEN, M.; JINGYU, W.; YONGHUA, Q. Transcriptomic analysis reveals key genes related to betalain biosynthesis in pulp coloration of *Hylocereus polyrhizus*. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 1179, 2016.

RODRIGUES, L. J. **Desenvolvimento e processamento mínimo de pitaya nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro**. 2010. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010

SANAL, Í.S.; BAYRAKTAR, E.; MEHMETOĞLU, Ü.; ÇALIMLI, A. Determination of optimum conditions for SC - (CO₂+ ethanol) extraction of β -carotene from apricot pomace using response surface methodology. **The Journal of supercritical fluids**, v. 34, n. 3, p. 331-338, 2005.

SARRUGE, J. R., HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, p. 56, 1974.

SEBRAE – **Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas Empresas**. Análise de Tendência: Produza e comercialize frutas que estão conquistando o mercado. 2017.

SHAHBAZ, H. M.; AHN, J. J.; AKRAM, K.; KIM, H. Y.; PARK, E. J.; KWON, J. H. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. **Food Chemistry**, v. 145, p. 312-318, 2014.

SILVA, J. H. F.; SOARES, S. J. L.; GOMES, G. M. S.; SILVA, M. M. Caracterização físico química e avaliação sensorial de pitaiá (*Hylocereus undatus*) cultivada no agreste meridional pernambucano. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, 260 - 265, 2017.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, p. 337-354, 2002.

SINGLETON, V, L; ORTHOFER, R; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. In: **Methods in enzymology**. Academic press, 1999. p. 152-178.

SOM, A. M., AHMAT, N., HAMID, H. A. A.; AZIZUDDIN, N. A comparative study on foliage and peels of *Hylocereus undatus* (white dragon fruit) regarding their antioxidant activity and phenolic content. **Heliyon**, v. 5, n. 2, p. e01244, 2019.

SONG, S.; CHU, Q.; XU, D.; XU, Y.; ZHENG, X. Purified betacyanins from *Hylocereus undatus* peel ameliorate obesity and insulin resistance in high-fat-diet-fed mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 236-244, 2016.

SOUZA, W. **Avaliação da atividade antioxidante e compostos fenólicos de extratos vegetais**. 2013. 37p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos Mourão, 2013.

SUH, D. H.; LEE, S.; DO HEO, Y.; KIM, Y. S.; CHO, S. K.; LEE, S. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 34, p. 8764-8771, 2014.

TEIXEIRA, L. J. Q.; PEREIRA, J. M. A. T. K.; SILVA, N. M.; REIS, F. P. Hábitos de consumo de frutas entre estudantes da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n. 307, p. 366-373, 2006.

TEL-ZUR, N. Research and development of pitahayas-dragonfruit-vine cacti: limitations and challenges and the current global market. **Acta Horti**. In: VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal 1067. p. 365-370, 2015

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P.; KLUGE, R. A.; SPOTO, M. H. F. Radiação Gama em Alimentos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 267-277, 2015.

TRIDGE – **GLOBAL TRADE PLATAFORM**. Intelligence: Dragon Fruit. 2019. Disponível em: <https://www.tridge.com/intelligences/dragon-fruit>. Acesso em: 17 out. 2019.

VALENCIA-BOTÍN, A. J.; KOKUBU, H.; ORTÍZ-HERNÁNDEZ, Y. D. A brief overview on pitahaya (*Hylocereus* spp.) diseases. **Australasian Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 437-440, 2013.

VALENCIA-BOTÍN, A. J.; LIVERA-MUÑOZ, M.; SANDOVAL-ISLAS, J. S. Caracterización de una cepa de *Fusicoccum* sp. anamorfo de *Botryosphaeria dothidea* Moug.: Fr (Ces. and De Not.) aislada de pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose] Cactaceae. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 23, n. 2, 2005.

VERDE, S.C.; TRIGO, M.J.; SOUSA, M.B.; FERREIRA, A.; RAMOS, A.C.; NUNES, I., JUNQUEIRA, C.; MELO, R.; SANTOS, P.M.P.; BOTELHO, M.L. Effects of gamma radiation on raspberries: safety and quality issues. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 76, n. 4-5, p. 291-303, 2013.

VIEITES, Rogério Lopes. Conservação pós colheita de frutos com a utilização da irradiação. In: NEVES, Leandro Camargo (org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina-PR, SciELO-EDUEL, 2018. P. 189-212.

VISIOLI, F.; LASTRA, C.A.D.L.; ANDRÉS-LACUEVA, C.; AVIRAM, M.; CALHAU, C.; CASSANO, A.; LLORACH, R. Polifenóis e saúde humana: um prospecto. **Revisões críticas em ciência e nutrição de alimentos**, v. 51, n. 6, p. 524-546, 2011.

WALL, Marisa M.; KHAN, Shakil A. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **Hort Science**, v. 43, n. 7, p. 2115-2119, 2008.

WONG, Yen-Ming; SLOW, Lee-Fong. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 5, p. 3086-3092, 2015.

WROBLEWSKA, M.; JUSKIEWICZ, J.; WICZKOWSKI, W. Physiological properties of beetroot crisps applied in standard and dyslipidaemic diets of rats. **Lipids in Health and Disease**, v. 10, n. 1, p. 178, 2011.

ZAHID, N.; ALI, A.; SIDDIQUI, Y.; MAQBOOL, M. Efficacy of ethanolic extract of propolis in maintaining postharvest quality of dragon fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 79, p. 69-72, 2013..

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya: dragon fruit, strawberry pearl. **Fruits e Nuts, Hawaii**, v. 9, n. 2, p. 1-3, 2004.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada em “Avaliação sensorial dos frutos de pitaya vermelha de polpa branca irradiados”, que pretende analisar a aparência global e intenção de compra desses frutos.

Será realizada a análise até o 15º dia de avaliação do experimento. Os observadores não vão ingerir o fruto, apenas observarão em bandejas de poliestireno expandido (isopor) recobertos com filme plástico de PVC. Sendo esta forma, suficiente para formular as respostas do teste afetivo. O teste de aceitação será por escala hedônica estruturada de nove e cinco pontos. Serão avaliados os seguintes atributos da aparência: avaliação global e intenção de compra dos frutos.

Para realização desta análise sensorial, foi solicitada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, por meio de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética - CAAE com o número 10035019.0.0000.5411.

O observador que participar da análise poderá retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa sem nenhum prejuízo. É garantido total sigilo do seu nome em relação aos dados relatados nesta pesquisa.

CONCORDO EM PARTICIPAR DA PESQUISA

Nome/Assinatura: _____

Data: ____/____/____

Assinatura do pesquisador: _____

Pesquisador responsável: Vander Rocha Lacerda; Endereço: Rua Justino Miranda Camargo, 2234, Jardim Paraíso – Botucatu/SP Fone: (014) 97588437 E-mail: vanderroxal@gmail.com

Orientador: Rogério Lopes Vieites; Rua José Barbosa de Barros, 1780 – Jd. Paraíso – Botucatu/SP Fone: (014) 38807172 E-mail: rogerio.vieites@unesp.br Faculdade de Ciências Agrônomicas – Departamento de Horticultura

APÊNDICE B
AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS FRUTOS DE PITAYA VERMELHA DE POLPA
BRANCA IRRADIADOS

Data: / / **Hora:**

Avaliador: () Masculino () Feminino

Faixa etária: () até 20 anos () 21-30 () 31-40 () 41-50 () < 50 anos

- Voce já ouviu falar de pitaya? () Sim () Não
- Se sim, já consumiu alguma vez? () Sim () Não

Análise as 5 amostras para cada um dos parâmetros. Assinale com um X em um valor na escala de 1 a 9.

1) AVALIAÇÃO GLOBAL DA APARÊNCIA

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Desgostei extremamente. | 6. Gostei pouco |
| 2. Desgostei muito. | 7. Gostei moderadamente |
| 3. Desgostei moderadamente. | 8. Gostei muito |
| 4. Desgostei pouco. | 9. Gostei extremamente |
| 5. Indiferente | |

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1									
T2									
T3									
T4									
T5									

2) INTENÇÃO DE COMPRA

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Certamente compraria | 4. Possivelmente não compraria |
| 2. Possivelmente compraria | 5. Certamente não compraria |
| 3. Talvez compraria/talvez não compraria | |

	1	2	3	4	5
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					