

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
BACHARELADO EM AGRONOMIA

PAULO SÉRGIO GULARTE

**AÇÃO DA ATMOSFERA REFRIGERADA NOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E
BIOQUÍMICOS DE PITAIA**

São Miguel do Oeste – SC

2020

PAULO SÉRGIO GULARTE

**AÇÃO DA ATMOSFERA REFRIGERADA NOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E
BIOQUÍMICOS DE PITAIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Agronomia do
Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto
Federal de Santa Catarina como requisito
parcial à obtenção do título de **Engenheiro(a)**
agrônomo(a)

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Aquidauana Miqueloto Zanardi

São Miguel do Oeste – SC

2020

RESUMO

A pitiaia *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton & Rose é uma fruteira exótica que tem sido cada vez mais consumida e cultivada devido as suas características nutricionais e possibilidade de gerar renda e diversificação das propriedades rurais. Apesar da crescente expansão nos cultivos, estudos que envolvem técnicas de conservação pós-colheita dos frutos tem sido bastante incipientes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de três temperaturas (4, 9 ou 25 °C) e do tempo de armazenamento (7, 14, 21, 28 e 35 dias) na qualidade pós-colheita de frutos de pitiaia vermelha de polpa branca. Para isso, frutos foram colhidos no ponto de maturação comercial em um pomar orgânico, no município de São Miguel do Oeste, Santa Catarina na safra 2018/19. Os frutos foram avaliados quanto a perda de massa fresca, coloração da epiderme e de escurecimento de polpa (L, C e h°), força de ruptura da epiderme e de resistência a penetração da polpa, sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, acidez titulável (AT), ratio, peroxidação lipídica e enzimas do estresse oxidativo (POX e APX). Pitaias armazenadas a 25 °C tiveram menor período de conservação pós-colheita (7 dias) e maior senescência quando comparadas aos frutos armazenados a 9 e 25 °C. Sob temperatura de 9 °C, os frutos apresentaram maior período de armazenamento (28 dias), maiores teores de vitamina C aos 7 e 14 dias e maiores valores de L e C na epiderme aos 14 dias de armazenamento. Em contraste, pitaias armazenadas a 4 °C apresentaram escurecimento de polpa (injúrias por frio) mais acentuada do que àquelas armazenadas a 9 °C. A atividade das enzimas do estresse antioxidativo (POX e APX) foi maior em frutos armazenados por 7 e 21 dias a 25 °C e 4 °C, respectivamente. A peroxidação lipídica foi maior para frutos armazenados a 25 °C por 7 dias e para pitaias mantidas a 4 °C por 14 e 21 dias. O ratio (SST/AT) foi maior em frutos armazenados por 14 e 21 dias sob temperatura de 9 °C e 4 °C, respectivamente. Os sólidos solúveis totais e a força para ruptura da epiderme não foram influenciados pelas temperaturas de armazenamento dos frutos. Portanto, pitaias podem ser armazenadas a 9 °C ou 4 °C por 21 e 14 dias, respectivamente, sem comprometer a qualidade pós-colheita dos frutos.

Palavras-chave: *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton & Rose, tempo de armazenamento, refrigeração, conservação pós-colheita.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1 Colheita dos frutos e condições de armazenamento	7
2.2 Perda de massa fresca dos frutos	7
2.3 Teor de sólidos solúveis totais	7
2.4 Acidez titulável	8
2.6 Vitamina C	8
2.7 Textura dos frutos	9
2.8 Peroxidação lipídica	9
2.9 Atividade das enzimas do estresse antioxidativo	9
2.10 Coloração da epiderme e escurecimento de polpa	10
2.11 Delineamento experimental e análise dos dados	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1 Período de conservação e perda de massa fresca	12
3.2 Sólidos solúveis totais (SST)	14
3.3 Acidez titulável (AT) e relação STT/AT	15
3.4 Vitamina C	17
3.5 Força de ruptura da epiderme (FRE) e resistência a penetração da polpa (RPP)	18
3.6 Peroxidação lipídica	20
3.7 Atividade enzimática da peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX)	21
3.8 Coloração da epiderme e da polpa	23
4. CONCLUSÕES	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A pitiaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] também conhecida como frutas de dragão (FREITAS et al., 2013) é uma fruta nativa do México, América Central e América do Sul (HUA et al., 2018). É amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, incluindo Tailândia, Filipinas, Vietnã, Malásia, Sul da China (MATAN et al., 2015), México, América Central (HUA et al., 2018) e Brasil (ORTIZ et al., 2018). A *H. undatus* produz frutos não climatéricos (FAN et al., 2017), com casca vermelha e polpa branca, de forma de globosa ou semi-globosa medindo de 10 a 20 cm de diâmetro e pesando de 350 a 450g (SOBRAL et al., 2019). Os frutos de *H. undatus* têm sido comercializados e consumidos em diferentes regiões do mundo não somente pelas suas características organolépticas e propriedades nutracêuticas (SILVA et al., 2006; GUNASENA et al., 2006; TENORE et al., 2012; SUH et al., 2014), mas também pelo alto valor comercial agregado aos frutos (BASTOS et al., 2006). Além disso, *H. undatus* contribui para o desenvolvimento agrícola em regiões secas devido à sua maior tolerância ao estresse hídrico de longo prazo e solos pobres (HUA et al., 2018).

Embora seja uma importante fonte de renda para pequenos produtores, as perdas pós-colheita causadas por danos mecânicos, injúrias por frio, apodrecimento e perda de água tem sido os principais fatores que reduzem a qualidade e o período de conservação das frutas (WALL; KHAN, 2008; CHANDRAN, 2010; SOBRAL et al., 2019). Nesse contexto, o armazenamento das frutas a baixas temperaturas pode ser uma alternativa importante para reduzir não somente as perdas pós-colheita de pitiaia, mas também como estratégia para a manutenção da qualidade e prolongamento da vida de prateleira dos frutos após a colheita.

No entanto, o armazenamento sob baixas temperaturas pode induzir injúrias por frio e/ou escurecimento de polpa de pitiaia (FREITAS; MITCHAM, 2013). As injúrias por frio são caracterizadas por lesões na casca, translucidez e escurecimento da polpa (PARKIN et al., 1989). O escurecimento da polpa é um distúrbio fisiológico que induz manchas escuras internamente, reduz a firmeza e perda de sabor dos frutos (FRANCK et al., 2007). Estudos prévios demonstraram que frutos de *Cereus undatus* Haworth devem ser armazenados a 5 °C (TO et al., 2002; HOA et al., 2006), enquanto outros autores concluíram que frutos de *H. undatus* e de *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose devem ser armazenados a 10 °C para diminuir as perdas de qualidade e evitar injúrias por frio (NERD et al., 1999). Freitas e Mitcham (2013) mostraram que pitiaia armazenadas por 20 dias a 5 °C, seguidas por 7 °C,

mantiveram as brácteas mais verdes e com menor deterioração do que os frutos armazenados a 10 °C.

Apesar de ser uma ferramenta importante para a conservação e manutenção da qualidade dos frutos, o armazenamento a baixas temperaturas também pode causar estresses que favorecem a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que induzem a formação de danos à membrana, morte dos tecidos e, conseqüentemente, redução da qualidade e do período de conservação dos frutos (TIAN et al., 2013). Para evitar o acúmulo de EROs ao nível tóxico, os frutos podem aumentar a concentração de compostos antioxidantes e enzimas do estresse antioxidativo como superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPX), catalase (CAT) e peroxidase (POX) (HUAN et al., 2016). Essas enzimas eliminam as EROs, como O_2 e H_2O_2 evitando seu acúmulo nos tecidos dos frutos. A SOD é a primeira linha de defesa contra EROs e catalisa a dismutação de O_2 em oxigênio molecular e H_2O_2 . As enzimas GPX, CAT e POX protegem os frutos contra danos oxidativos, reduzindo o H_2O_2 prejudicial e hidroperóxidos maiores (HUAN et al., 2016). Assim, o aumento da atividade enzimática pode contribuir não somente na redução do estresse que afeta a qualidade, mas também no prolongamento do período de conservação e comercialização dos frutos.

Nesse contexto, vários estudos de pós-colheita de pitaias concentraram-se na avaliação dos atributos físico-químicos da fruta. No entanto, poucos estudos foram realizados para avaliar as mudanças nos atributos de qualidade, conservação pós-colheita e atividade das enzimas do estresse antioxidativo de pitaias mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. Neste estudo, a qualidade dos frutos e o período de conservação pós-colheita, bem como atributos físico-químicos e bioquímicos de pitaias sob diferentes temperaturas de armazenamento foram avaliadas. Os resultados deste estudo contribuirão não somente para verificar o efeito da temperatura de armazenamento na ocorrência de injúrias por frio e/ou escurecimento da polpa, mudanças na qualidade pós-colheita, tempo de prateleira e atividade enzimática dos frutos, mas também para determinar a temperatura mais adequada para o armazenamento de pitaias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Colheita dos frutos e condições de armazenamento

Pitaias foram obtidas em um pomar orgânico localizado no município de São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil. Os frutos foram colhidos manualmente no ponto de amadurecimento comercial no final da tarde (devido à temperatura mais baixa e menor respiração), colocados em caixas plásticas e transportados ao laboratório de pós-colheita do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus São Miguel do Oeste (IFSC-SMO), São Miguel do Oeste, Santa Catarina. No laboratório, os frutos foram selecionados pelo tamanho, forma, cor, ausência de doenças e lesões mecânicas e colocados em bandejas plásticas em uma sala climatizada com temperatura de 16 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ por 12 horas para remoção do calor de campo e redução da atividade metabólica dos frutos.

Após, quatro amostras de quatro frutos foram selecionadas aleatoriamente e analisados quanto a massa fresca inicial, cor da epiderme, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), vitamina C, textura (firmeza da polpa e elasticidade da epiderme) e escurecimento interno da polpa para verificar as características físico-químicas iniciais dos frutos antes do período de armazenamento. Feito isso, amostras de 120 frutos foram aleatoriamente selecionados, colocados em sacos de polietileno de baixa densidade (140 µm de espessura) e armazenados em câmaras com demanda bioquímica de oxigênio (BOD, sigla em inglês *Biochemical Oxygen Demand*) a 4 °C, 9 °C ou 25 °C.

2.2 Perda de massa fresca dos frutos

A perda de massa fresca (*MF*) dos frutos foi determinada aos 0, 5, 7, 14, 21, 28 ou 35 dias de armazenamento utilizando uma balança analítica digital (precisão de 0,001 g). A perda de massa fresca dos frutos foi calculada usando a fórmula $MF = \{[(\text{massa da data anterior} - \text{massa do dia}) \times 100] / \text{massa da data anterior}\}$. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.3 Teor de sólidos solúveis totais

A determinação dos teores de sólidos solúveis totais (SST) foi realizada com um refratômetro digital de precisão de °Brix $\pm 0.2\%$ na medição e compensação automática de

temperatura para 20 °C. Inicialmente o refratômetro foi limpo e calibrado com água destilada (0 °Brix). Após a calibração, a água foi removida e o recipiente de medição seco com papel toalha. Em seguida, a polpa os frutos foi triturada e homogeneizada em um misturador (modelo SPL-048 Spolu-Benesse do Brasil Ltda., Itajobi, SP, Brasil), filtrada com gaze e depositada no dispositivo de leitura do refratômetro. Os resultados foram expressos em °Brix.

2.4 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada por volumetria com indicador. Para realização das análises, 1 grama de polpa de pitaias foi diluída em 25 mL de água destilada, adicionado 3 gotas (aproximadamente 0,3 mL) de uma solução de fenolftaleína e titulada com hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante até atingir coloração rósea persistente. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico por 100 gramas de polpa.

2.5 Determinação do ratio

Para determinação do ratio, o teor de sólidos solúveis totais foi dividido pela acidez titulável registradas nas amostras.

2.6 Vitamina C

Para determinação de vitamina C foi utilizado o método proposto por Tillmans, que baseia-se na redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Inicialmente, a solução de Tillmans foi padronizada com 5 mL de uma solução de ácido ascórbico, por meio de titulação em triplicata. Em seguida, foi realizado o preparo do extrato bruto de pitaias, utilizando 1 g de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de ácido oxálico 0,5% refrigerado. Para determinação do ácido ascórbico na polpa de pitaias, 4 mL do extrato foram colocados em Erlenmeyers de 125 mL e completando até 50 mL com água destilada. Feito isso, os extratos foram titulados com a solução de Tillmans refrigerada até o ponto de viragem. O resultado foi expresso em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de polpa.

2.7 Textura dos frutos

Os atributos de textura (força necessária para ruptura da epiderme e de resistência a penetração da polpa) foram avaliados em dois lados opostos da região equatorial dos frutos usando um analisador de textura eletrônico TA.XT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., UK). Para isso, uma sonda PS2 de 2 mm de diâmetro foi introduzida na polpa dos frutos a uma profundidade de 10 mm com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 6, 3 e 10 mm s⁻¹, respectivamente.

2.8 Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica foi determinada seguindo o procedimento descrito por Heath & Packer (1968) para cada temperatura e período de armazenamento dos frutos. Para isso, amostras de polpa (160 mg) foram maceradas em 2 mL de solução de ácido tricloroacético (0,1%), transferidas para microtubos Eppendorf (2 mL) e centrifugadas a 10.000 rpm por 15 minutos a 4 °C. Após, 500 µL do sobrenadante foram removidos e adicionados a um microtubo Eppendorf de 2 mL contendo 1,5 mL de uma solução de ácido tricloroacético (20%) + ácido tiobarbitúrico (0,5%). Posteriormente, as amostras foram incubadas em banho-maria a 95 °C por 25 minutos. Após, as amostras incubadas foram transferidas para banho de gelo (para paralisar as reações) e imediatamente centrifugadas a 4.000 rpm por 10 minutos a 4 °C. As amostras foram lidas em um espectrofotômetro, utilizando três comprimentos de onda (440, 532 e 600 nm). Os resultados foram expressos em nmol g⁻¹ massa fresca de malondialdeído formado.

2.9 Atividade das enzimas do estresse antioxidativo

A atividade das enzimas peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX) foram determinadas seguindo o protocolo descrito por Sekita (2012) a partir do teor de proteínas presentes nos frutos de cada temperatura e período de armazenamento. Para isso, amostras de 0,3 gramas de polpa dos frutos foram dissolvidas em 2 mL de uma solução extratora preparada com fosfato dibásico (0,1M) + fosfato monobásico (0,1 M) a pH 6,8 + ácido etilenodiaminotetraacético (0,1 M) + fluoreto de fenilmetilsulfonil (0,1 M) em um almofariz. Após, as amostras foram colocadas em microtubos Eppendorfs de 2 mL e centrifugadas a

12.000 rpm por 15 minutos a 4 °C. Para quantificação da atividade da peroxidase, 2,2 mL do meio de reação [hidrogenofosfato dipotássico (0,1 M) + fosfato monopotássico (0,1 M) a pH 6,8 + guaiacol (0,1 M) + peróxido de hidrogênio (0,1 M)] foi colocado em cubetas de vidro e adicionado 0,8 mL do extrato enzimático. Para quantificação da atividade da enzima ascorbato peroxidase, 2,2 mL de meio de reação [fosfato dibásico (0,1 M) + fosfato monobásico (0,1 M) a pH 6,8 + ácido etilenodiaminotetraacético (0,1 M) + ácido ascórbico (0,1 M) + peróxido de hidrogênio (0,1 M)] foi colocado em cubetas de quartzo e adicionado 0,8 mL de extrato enzimático. A atividade das enzimas POX e APX foi quantificada por meio da análise de absorvância em espectrofotômetro usando os comprimentos de onda de 420 e 290 nm por 2 minutos, respectivamente.

2.10 Coloração da epiderme e escurecimento de polpa

A coloração da epiderme e o escurecimento da polpa (EP) foram analisados de acordo com o protocolo proposto pela Comissão Internacional de L'Eclairage (CIE) (1976) em termos dos atributos *L*, *C* e ângulo hue (h°) usando um colorímetro Delta Vista 450 G (Delta Color Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda., São Leopoldo, RS, Brasil). Os valores *L* (*lightness*) indicam o brilho da epiderme ou da polpa dos frutos. Valores de *L* próximos a 0 e 100 indicam valores com baixa e alta intensidade de brilho nos frutos, respectivamente. O *C* (*chroma*) indica a cromaticidade, onde valores próximos a 0 e 90 indicam tonalidades de cor mais escura e clara, respectivamente. O h° define a coloração básica, onde 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 270° = azul, respectivamente (KONICA MINOLTA, 2014). Para coloração da epiderme foram realizadas duas leituras em lados opostos na região equatorial dos frutos. Para EP, os frutos foram transversalmente cortados na região equatorial, e as leituras realizadas nas regiões sem sementes da polpa. O EP e a presença de injúrias por frio foram determinados com base na razão do produto dos atributos *lightness* e *chroma* com o ângulo hue [EP = $(L \times C) / h^\circ$] mensurados na polpa dos frutos.

2.11 Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente aleatorizado com três tratamentos e quatro repetições de dois frutos/repetição. Os dados obtidos nas diferentes

variáveis foram inicialmente submetidos a análise de Bartlett (BARTLETT, 1937) e de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) para verificar a homogeneidade das variâncias e de normalidade dos resíduos, respectivamente. Como os dados atenderam as pressuposições do modelo normal, estes foram submetidos a análise de variância ANOVA e as médias da avaliação realizada aos 7 dias após o armazenamento foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), enquanto as médias das análises realizadas aos 14 e 21 dias após o armazenamento foram comparadas pelo teste t de Student ($P \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico R, versão 3.6.1 (R CORE TEAM 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média dos valores de sólidos solúveis totais (SST) na análise inicial foi de $12,6 \pm 0,69$ °Brix, próximo aos valores registrados por Merten (2003) e Nerd et al. (1999) que verificaram teores de SST de 12,2 a 16,0 °Brix em frutos de *H. undatus*. A acidez titulável (AT) foi de $1,05 \pm 0,02\%$ de ácido cítrico/100 gramas de polpa, similar ao registrado por Centurión et al. (1999) de 1,0% de ácido cítrico em frutos de *H. undatus*. A relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável (ratio, SST/AT) encontrada na análise inicial foi de $12,37 \pm 0,46$. Ao quantificar a vitamina C em frutos de *H. polyrhizus* e *H. undatus*, Choo e Yong (2011) obtiveram valores médios de 32,65 e 31,05 mg/100 g⁻¹ polpa, respectivamente, próximo a média encontrada na análise inicial dos frutos deste trabalho que foi de $31,61 \pm 3,64$ mg de ácido ascórbico/100 g⁻¹ polpa. Quanto aos atributos de textura na análise inicial, os frutos apresentaram $775,50 \pm 16,78$ e $135,82 \pm 5,96$ grama força/mm² para força de ruptura da epiderme e de resistência a penetração da polpa, respectivamente. Os valores iniciais obtidos na coloração da epiderme foram de 37,48; 47,78 e 25,31, para L, C e H respectivamente. O EP [(L x C) / H] inicial foi de 0,638. Não foram encontrados trabalhos anteriores que quantificaram a coloração da epiderme e o escurecimento de polpa de frutos de *H. undatus*.

3.1 Período de conservação e perda de massa fresca

A temperatura de armazenamento influenciou no período de conservação e na perda de massa fresca das pitaias. Frutos armazenados a 25 °C apresentaram período de conservação de apenas 7 dias (Figura 1). Já os frutos armazenados sob temperatura de 9 °C e 4 °C estenderam seu período de armazenamento por até 35 e 21 dias após a colheita, respectivamente (Figura 1). A perda de massa fresca também foi influenciada pelas temperaturas de armazenamento, uma vez que, temperaturas maiores elevam a atividade respiratória e aceleram o metabolismo dos frutos (MORETTI, 2007).

Os frutos armazenados a 25 °C exibiram maior perda de massa fresca aos 5 dias após o armazenamento em relação aos frutos armazenados a 9 °C e 4 °C (Figura 1). Entre os 5 e 7 dias após o armazenamento, os frutos acondicionados a 25 °C e 4 °C exibiram menor perda de massa em comparação aos frutos armazenados a 9 °C (Figura 1). Por outro lado, aos 21 dias após o armazenamento os frutos a 4 °C exibiram um aumento na perda de massa em relação

aos frutos a 9 °C. Já aos 21 e 35 dias após o armazenamento, observou-se uma elevação seguida de declínio na perda de massa fresca dos frutos armazenados a 9 °C (Figura 1). O armazenamento de pitaias a temperaturas muito baixas ou muito elevadas podem causar estresses, ocasionar aumento na atividade respiratória e acelerar o metabolismo dos frutos (MORETTI, 2007). Além disso, altas temperaturas podem aumentar a transpiração e o déficit de pressão de vapor entre o fruto e a atmosfera, resultando em maior perda de água (murchamento), maior perda de massa fresca e senescência dos frutos (DEIRDRE, 2015).

Assim, frutos de pitaias armazenados a 25 °C exibiram maior perda de massa fresca aos 5 dias, seguido por um declínio aos 7 dias após o armazenamento. Possivelmente, isso ocorreu devido ao aumento da atividade respiratória e do metabolismo dos frutos armazenados nesta temperatura. Cenci, Soares e Freire Júnior (1997), também afirmaram que altas temperaturas prejudicam a qualidade dos frutos e afetam diretamente as taxas de todos os processos vitais. Já os frutos de pitaias armazenados a 4 °C exibiram menor perda de massa fresca nos primeiros 14 dias de armazenamento, seguido por uma elevação até os 21 dias. O aumento na perda de massa fresca a partir dos 14 dias de armazenamento a 4 °C está associado as injúrias causadas pelo frio, como resultado do aumento na atividade respiratória e da intensificação do metabolismo dos frutos (Figura 1). Por outro lado, frutos armazenados a 9 °C apresentaram aumento na taxa metabólica a partir dos 21 dias, apresentando maior perda de massa fresca aos 28 dias e declínio nas perdas após este período até os 35 dias (Figura 1).

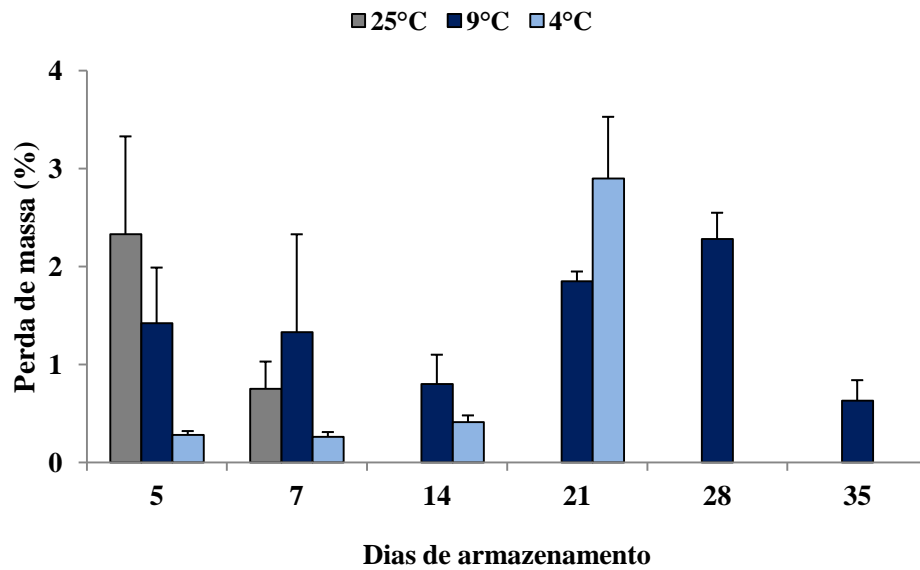


FIGURA 1 – Percentagem de perda de massa fresca de pitaias armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

3.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Para os teores de sólidos solúveis totais (SST) não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos nos diferentes períodos de armazenamento (Tabela 1). Os teores de SST, indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos na polpa/suco dos frutos, e são constituídos principalmente de açúcares, ácidos orgânicos e outros constituintes menores (CHITARRA; CHITARRA, 2005), e está correlacionado com o grau de doçura do fruto.

TABELA 1 – Teor de sólidos solúveis totais (SST) da polpa de pitaias armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Temperatura (°C)	Sólidos solúveis totais (°BRIX) ¹ /Dias de armazenamento dos frutos (dias)				
	7	14	21	28	35
25	11,08 ± 0,86 a	-	-	-	-
9	11,70 ± 0,59 a	13,55 ± 0,92 a	10,15 ± 0,15 a	8,85 ± 0,45	8,00 ± 0,40
4	11,80 ± 0,21 a	14,88 ± 0,85 a	10,45 ± 0,73 a	-	-
Valor de <i>P</i>	0,6760	0,3007	0,7110		
F ou <i>t</i>	$F_{2,9} = 0,409$	$t_{1,7} = -1,1328$	$t_{1,7} = -0,4045$		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ou *t* ($P < 0,05$).

3.3 Acidez titulável (AT) e relação STT/AT

Aos 7 dias de armazenamento, frutos de pitaias acondicionados a 4 °C apresentaram maior AT quando comparados aos frutos armazenados a 25 °C, mas não diferiram dos frutos armazenados a 9 °C (Tabela 2). Aos 14 dias de armazenamento, maior AT foi observado em pitaias acondicionadas a 4 °C em relação aos frutos acondicionados a 9 °C (Tabela 2). Por outro lado, aos 21 dias, frutos armazenados a 9 °C exibiram maior AT em detrimento as pitaias armazenadas a 4 °C (Tabela 2). Já aos 28 e 35 dias observou-se uma redução na AT nos frutos armazenados a 9 °C (Tabela 2). A AT é um parâmetro utilizado para quantificar a quantidade de ácidos orgânicos presente nos frutos e pode ser utilizado como atributo de qualidade. Após o período de colheita dos frutos os ácidos orgânicos são consumidos como substrato nos processos respiratórios e metabólicos dos frutos (RIBEIRO et al., 2010; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Com os resultados obtidos é possível verificar que aos 7 dias de armazenamento os frutos acondicionados em temperaturas mais elevadas exibiram menor AT, provavelmente, em razão da sua elevada taxa respiratória e metabólica que promoveu o consumo desses ácidos orgânicos quando comparado aos frutos armazenados a 4 °C. Aos 14 dias, também foi possível constatar que frutos armazenados a temperatura de 9 °C exibiram menor AT em comparação aos frutos mantidos a 4 °C (Tabela 2). Surpreendentemente, aos 21 dias houve uma inversão, nos quais os frutos armazenados a 4 °C tiveram menor AT em comparação aos frutos armazenados a 9 °C (Tabela 2). Isso ocorreu provavelmente, devido aos frutos armazenados na temperatura de 4 °C aos 21 dias terem sofrido estresses provenientes do frio, o que pode ter ocasionado aumento na taxa respiratória e um drástico consumo dos ácidos orgânicos, diminuindo a qualidade dos frutos de pitaias.

TABELA 2 – Teor de acidez titulável (AT) em polpa de pitaias armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Temperatura (°C)	Acidez titulável (% ácido cítrico/100g de polpa) ¹ /Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	0,83 ± 0,08 b	-	-	-	-
9	1,30 ± 0,17 ab	0,78 ± 0,06 b	1,88 ± 0,01 a	1,22 ± 0,07	0,92 ± 0,03
4	1,38 ± 0,11 a	2,25 ± 0,02 a	0,68 ± 0,06 b	-	-
Valor de <i>P</i>	0,0244	0,0049	0,0009		
F ou <i>t</i>	$F_{2,9} = 5,77$	$t_{1,7} = -6,3994$	$t_{1,7} = 8,2319$		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ou *t* ($P < 0,05$).

Para os frutos de pitaias armazenados por um período de 7 dias não foi verificada diferenças significativas na relação SST/AT entre os tratamentos (Tabela 3). Já aos 14 e 21 dias, as pitaias armazenadas a 4 °C tiveram menor e maior relação SST/AT, respectivamente, em comparação aos frutos armazenados a 9 °C (Tabela 3). A relação entre os SST e a AT (ratio, SST/AT) é um importante indicativo de sabor nos frutos, sendo frequentemente utilizada como padrão de qualidade. Com os resultados obtidos pode-se inferir que aos 14 dias, frutos armazenados nas menores temperaturas tiveram menor relação SST/AT porque exibiram maiores valores de AT o que reduziu o valor dessa razão (Tabela 3). Aos 21 dias, observou-se que pitaias armazenadas a 4 °C tiveram maiores valores de SST/AT em comparação aos frutos armazenados a 9 °C (Tabela 3). Isso pode ser explicado em função de que os frutos armazenados a 4 °C por 21 dias entraram em um processo de estresse que aumentou a atividade metabólica dos frutos e ocasionou um consumo de ácidos orgânicos e açúcares dos frutos. Desta forma, o decréscimo nos valores obtidos nesta relação podem indicar a ocorrência da perda de sabor dos frutos, diminuindo também as características sensoriais obtidas pelos consumidores.

TABELA 3 – Relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável da polpa de pitaias armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Temperatura (°C)	Relação SST/AT ¹ /Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	13,96 ± 2,15 a	-	-	-	-
9	9,34 ± 0,96 a	18,11 ± 2,65 a	8,56 ± 0,19 b	6,57 ± 1,52	5,50 b ± 0,42
4	8,79 ± 0,87 a	6,74 ± 0,58 b	14,07 ± 0,63 a	-	-
Valor de <i>P</i>	0,1537	0,0032	0,0050		
F ou <i>t</i>	$F_{2,9} = 2,2549$	$t_{1,7} = 4,8018$	$t_{1,7} = 6,4620$		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ou *t* ($P < 0,05$).

3.4 Vitamina C

Os frutos armazenados a 9 °C por 7 dias tiveram maiores teores de vitamina C em comparação as pitaias armazenadas a 4 °C e 25 °C (Tabela 4). Aos 14 dias de armazenamento também foi verificado maior teor de vitamina C em frutos mantidos a 9 °C quando comparado aos frutos acondicionados a 4 °C (Tabela 4). Já aos 21 dias de armazenamento não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4).

A vitamina C é um dos principais antioxidantes presentes em frutos e atua como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, encontrando-se principalmente na forma de ácido ascórbico. O ácido ascórbico atua na proteção dos tecidos, no retardamento da oxidação das células, na inibição ou sequestro dos radicais livres e das espécies reativas de oxigênio (EROs) formados sob condições de estresses (CHITARRA; CHITARRA, 2006). Neste estudo, a diminuição nos teores de vitamina C observada aos 7 dias após o armazenamento dos frutos nas temperaturas de 25 °C e 4 °C sugere que houve uma diminuição nos teores de ácido ascórbico devido ao consumo dos ácidos orgânicos como substrato no processo respiratório durante o período de armazenamento (RODRIGUEZ et al., 2005). O consumo de vitamina C pode ser uma estratégia dos frutos para dissipar o estresse oxidativo causado pelas condições de armazenamento, conforme observado nas análises de peroxidação lipídica (Figura 2). Contudo, na temperatura de 25 °C, o consumo da vitamina C não foi suficiente para dissipar as espécies reativas de oxigênio (EROs), mantendo a peroxidação lipídica em níveis elevados. Por outro lado, nos frutos armazenados a 4 °C notou-se uma maior eficiência no combate das EROs, diminuindo a peroxidação lipídica das membranas aos 7 dias de armazenamento dos frutos (Figura 2).

Da mesma forma, aos 14 dias, os frutos armazenados a 9 °C mantiveram maiores concentrações de ácido ascórbico, quando comparado aqueles acondicionados a 4 °C (Tabela

4). Os frutos acondicionados a 4 °C, provavelmente utilizaram o ácido ascórbico como estratégia para dissipar as EROs. No entanto, aos 14 dias, a utilização do ácido ascórbico pelos frutos armazenados a 4 °C não foi suficiente para dissipar todas as EROs formadas, havendo assim, uma elevação na peroxidação lipídica e nos danos a nível de membrana (Figura 2).

Aos 21 dias de armazenamento, não houve diferença entre os teores de vitamina C. O aumento nos teores de ácido ascórbico nos frutos armazenados a 4 °C ocorre devido a transformação de compostos precursores deste ácido (especialmente galactose produzida pela degradação dos polissacarídeos), como tentativa de combate as EROs (WHEELER et al., 1998; SMIRNOFF; CONKLIN; LOEWUS, 2001). Além de aumento nos teores de ácido ascórbico, os frutos armazenados a 4 °C utilizaram as enzimas do estresse antioxidativo (POX e APX) como estratégia para combate das EROs formadas durante o armazenamento (Figura 2). Outra hipótese, para o aumento nos teores de ácido ascórbico, está relacionado com a perda de água dos frutos para a atmosfera, ocasionando maior concentração de ácido ascórbico nos tecidos que impedem a detecção das perdas nos teores desta substância (NUNES et al., 1998) nos frutos armazenados a 4 °C.

TABELA 4 – Teor de vitamina C na polpa de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou 4 ± 0,4 °C e umidade relativa do ar de 86 ± 3%.

Temperatura (°C)	Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de polpa) ¹ /Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	32,84 ± 2,55 b	-	-	-	-
9	41,07 ± 2,57 a	41,13 ± 2,56 a	37,66 ± 1,03 a	31,37 ± 1,80	28,37 ± 1,42
4	28,40 ± 1,52 b	26,89 ± 1,61 b	41,76 ± 2,77 a	-	-
Valor de P	0,0025	0,0005	0,1986		
F ou t	$F_{2,21} = 8,076$	$t_{1,21} = 4,7158$	$t_{1,21} = -1,389$		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ou t (P<0,05).

3.5 Força de ruptura da epiderme (FRE) e de resistência a penetração da polpa (RPP)

Para a força de ruptura da epiderme (FRE) não houve diferença significativa entre os tratamentos nos diferentes períodos de armazenamento (Tabela 5). Em contrapartida, aos 7 dias após o armazenamento, frutos armazenados a 9 °C apresentaram maior resistência a penetração da polpa (RPP) em comparação às pitaias mantidas a 25 °C, não diferindo dos

frutos armazenados a 4 °C (Tabela 6). Para os demais períodos de armazenamento não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para RPP (Tabelas 5 e 6).

A textura dos frutos é um dos aspectos mais avaliados pelos consumidores na aquisição dos frutos. Um dos parâmetros que compõem a textura é a resistência a penetração da polpa (RPP). Esse atributo começa a ser alterado quando o fruto atinge sua maturidade fisiológica em razão da ação de enzimas da parede celular (pectinametilesterase e poligalacturonase) que atuam na quebra das substâncias pécticas (ácidos poligalacturônicos) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Uma das alternativas encontradas para retardar o processo de amolecimento da polpa de *H. undatus* é a utilização de baixas temperaturas (TO et al., 2002; PUNITHA et al., 2010). Dessa forma, pode-se constatar que aos 7 dias de armazenamento, pitaias acondicionadas a baixas temperaturas (4 °C e 9 °C) tiveram maior firmeza de polpa em comparação aos frutos armazenados a 25 °C.

TABELA 5 – Força para ruptura da epiderme (FRE) de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou 4 ± 0,4 °C e umidade relativa do ar de 86 ± 3%.

Temperatura (°C)	Força de ruptura da epiderme (g/mm ²)/Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	868,78 ± 30,40 a	-	-	-	-
9	948,36 ± 39,54 a	884,14 ± 29,14 a	1005,41 ± 52,92 a	1194,18 ± 45,38	1208,01 ± 42,84
4	919,86 ± 26,62 a	936,17 ± 56,94 a	987,53 ± 33,44 a	-	-
Valor de <i>P</i>	0,257	0,4342	0,9025		
<i>F</i> ou <i>t</i>	<i>F</i> _{2,21} = 1,449	<i>t</i> _{1,21} = -0,8134	<i>t</i> _{1,21} = 0,12594		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ou *t* (*P*<0,05).

TABELA 6 – Resistência a penetração da polpa (RPP) de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou 4 ± 0,4 °C e umidade relativa do ar de 86 ± 3%.

Temperatura (°C)	Resistência a penetração da polpa ¹ (g/mm ²)/ Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	54,09 ± 2,38 b	-	-	-	-
9	78,90 ± 9,46 a	74,13 ± 6,14 a	70,03 ± 7,68 a	66,25 ± 8,63	64,12 ± 3,05
4	71,99 ± 3,27 ab	91,08 ± 10,76 a	73,94 ± 6,75 a	-	-
Valor de <i>P</i>	0,0213	0,1983	0,7082		
<i>F</i> ou <i>t</i>	<i>F</i> _{2,21} = 4,649	<i>t</i> _{1,21} = -1,3681	<i>t</i> _{1,21} = -0,3821		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ou *t* (*P*<0,05).

3.6 Peroxidação lipídica

Aos 7 dias de armazenamento, pitaias mantidas a 4 °C e 9 °C exibiram menor peroxidação lipídica do que frutos acondicionados a 25 °C (Figura 2). Já aos 14 e 21 dias após o armazenamento, observou-se menor peroxidação lipídica das membranas plasmáticas nos frutos armazenados a 9 °C (Figura 2). A peroxidação lipídica é causada pelos radicais livres formados durante o estresse oxidativo e provocam a deterioração dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O estresse oxidativo pode ocorrer quando os frutos são submetidos a baixas e elevadas temperaturas por longos períodos de armazenamento. Assim, os frutos armazenados a temperatura de 25 °C por 7 dias e 4 °C por 14 e 21 dias, exibiram maior peroxidação lipídica porque essas temperaturas associados ao período de armazenamento provocaram um estresse no fruto e produção de EROs, ocasionando danos a nível de membrana plasmática e que pode ter contribuído para alteração na qualidade dos frutos (Figura 2).

As EROs são produzidas por elétrons O_2 provenientes do metabolismo do fruto em diferentes locais da célula e que reagem com outras moléculas, levando a oxidação de partes fundamentais para o funcionamento da célula, como as membranas celulares (SHARMA et al., 2012). Segundo esses mesmos autores, a peroxidação lipídica agrava o estresse oxidativo por meio da produção de radicais derivados de lipídios que podem reagir e danificar proteínas e DNA. O malondialdeído (MDA) é um dos produtos finais da peroxidação de ácidos graxos insaturados em fosfolipídios. O malondialdeído é responsável por danos na membrana celular (MITTLER et al., 2004).

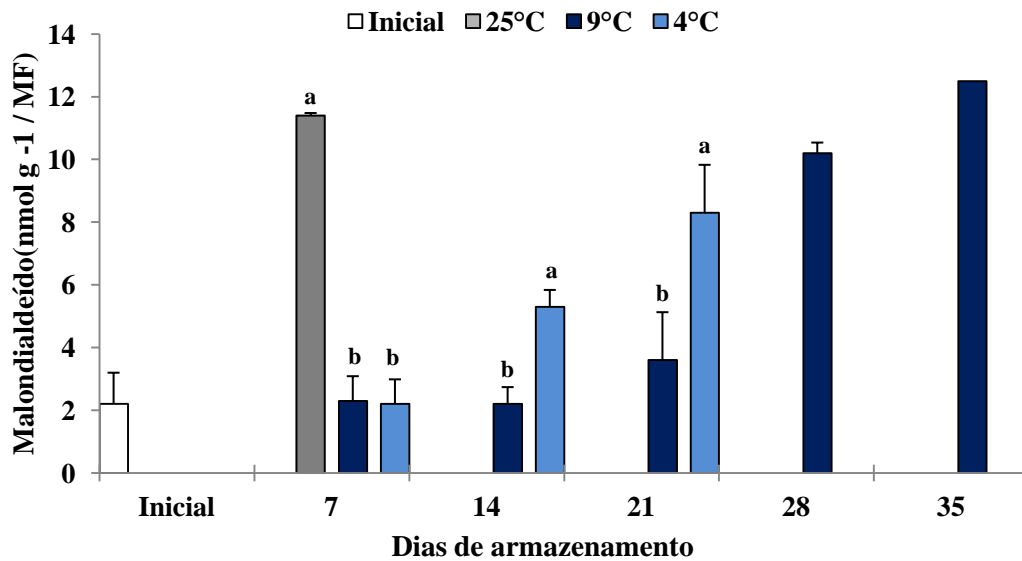


FIGURA 2 - Peroxidação lipídica em pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C e $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

3.7 Atividade enzimática da peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX)

Aos 7 dias de armazenamento, frutos armazenados a 25 °C exibiram maior atividade da enzima peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX) em relação aos demais tratamentos (Figuras 3 e 4). Aos 14 dias de armazenamento, nenhuma diferença significativa foi observada nos frutos armazenados a 4 °C e 9 °C para a POX e APX (Figuras 3 e 4). Entretanto, aos 21 dias de armazenamento, pitaias acondicionados a 4 °C tiveram maior atividade da POX e APX em comparação aos frutos submetidos a temperatura de 9 °C (Figuras 3 e 4). POX e APX são enzimas desintoxicantes utilizadas como estratégia para combater as EROs e proteger os tecidos. Estas enzimas atuam como antioxidantes nos vegetais, sequestrando os radicais livres formados, decompondo-os em peróxido de hidrogênio (HAVIR; MCHALE, 1987) e convertendo O_2 em $H_2O_2 + O_2$ (FRIDOVICH, 1999). Essas enzimas operam em diferentes compartimentos subcelulares e respondem em conjunto quando as células são expostas ao estresse oxidativo (SHARMA et al., 2012).

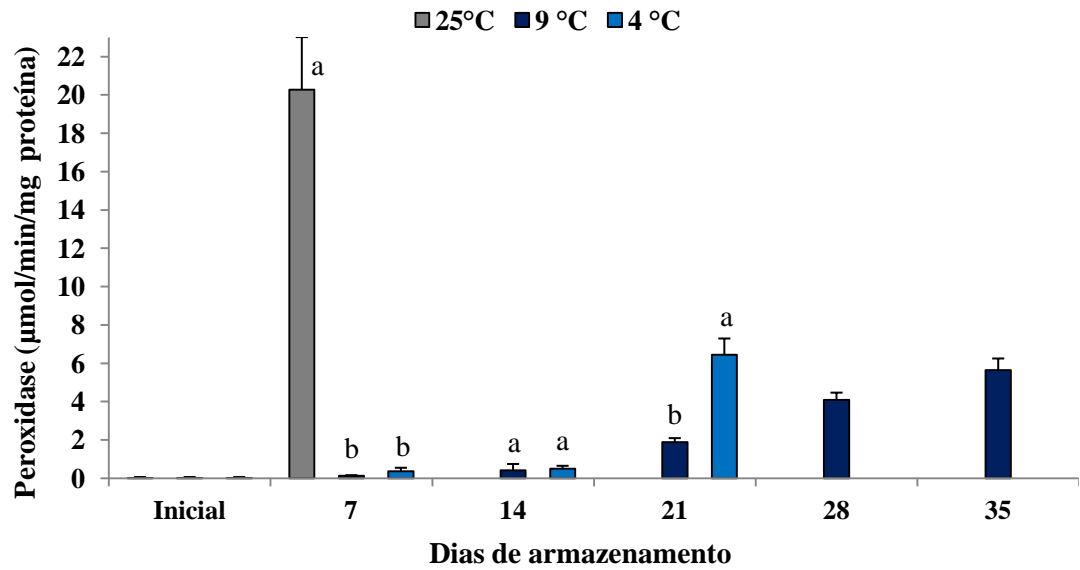


FIGURA 3 - Atividade da enzima peroxidase (POX) em pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

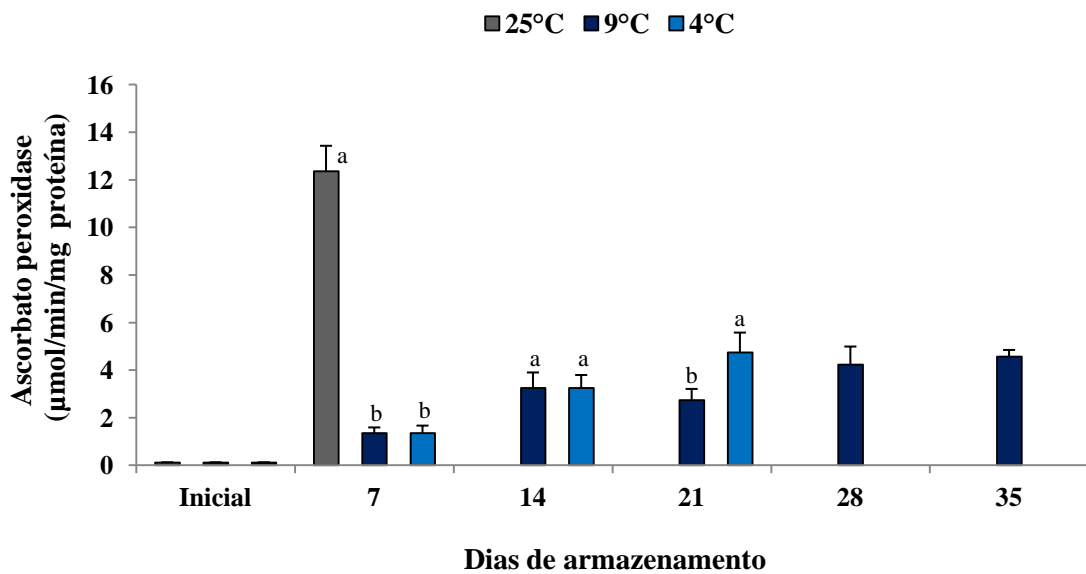


FIGURA 4 - Atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) em pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Quando os frutos são expostos a estresses (como a refrigeração), o equilíbrio nos níveis de EROs são perturbados, resultando em estresse oxidativo nas células vegetais (ASADA, 1999; MITTLER, 2002).

Deste modo, pode-se constatar que nas temperaturas de 25 °C e 4 °C, houve um aumento na atividade das enzimas APX e POX aos 7 e 21 dias de armazenamento, respectivamente. Provavelmente isso ocorreu devido a temperatura e período de armazenamento, gerando um estresse que culminou no aumento da taxa respiratória, aceleração dos processos degradativos e acúmulo de EROs (SILVA, 2008), resultando em perda na qualidade e senescência dos frutos (GASPAR et al., 1985). Por outro lado, os frutos armazenados a temperatura de 9 °C por 21 dias tiveram menor atividade das enzimas APX e POX que pode ser um indicativo que estes frutos apresentavam adequada conservação e qualidade.

3.8 Coloração da epiderme e da polpa

Quanto aos atributos de coloração da epiderme L, C e h° não foi verificada diferença significativa entre as temperaturas aos 7 e 21 dias de armazenamento (Tabela 7). No entanto, aos 14 dias, frutos mantidos a 4 °C tiveram menor e maior valor de L e C, respectivamente, em comparação aos frutos armazenados a temperatura de 9 °C (Tabela 7). Os valores médios de L, C e h° da análise inicial foram de 37,48, 47,78 e 25,31, respectivamente. Ao comparar os valores de L, C e h° obtidos na análise inicial e após 7 dias na temperatura de 25 °C, 21 dias na temperatura de 4 °C e 35 dias na temperatura de 9 °C pode-se observar uma mudança na coloração passando do rosa-esverdeado para rosa-amarelado, modificando principalmente a intensidade das colorações da epiderme (Tabela 7 e Figura 5). A coloração dos frutos é resultado dos pigmentos clorofila e carotenoides presentes nos cloroplastos/cromoplastos e dos pigmentos fenólicos (antocianinas, flavonoides e proantocianinas) presentes no vacúolo das células (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

TABELA 7 – Luminosidade (L), croma (C) e ângulo hue (h°) da epiderme de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Temperatura (°C)	Coloração da epiderme ¹		
	L	C	h°
7 DIAS			
25	43,8 ± 0,76 a	46,25 ± 1,29 a	76,09 ± 36,0 a
9	44,94 ± 1,15 a	45,32 ± 1,48 a	98,1 ± 39,9 a
4	43,76 ± 1,09 a	45,58 ± 1,49 a	123,67 ± 42,2 a
Valor de <i>P</i>	0,632	0,886	0,681
g.l.	2,45	2,45	2,45
F	0,464	0,122	0,388
14 DIAS			
9	46,08 ± 0,84 a	45,38 ± 1,33 b	89,28 ± 24,51 a
4	40,45 ± 0,75 b	49,34 ± 1,31 a	62,38 ± 21,35 a
Valor de <i>P</i>	< 0,0001	0,0417	0,5369
g.l.	1,45	1,45	1,45
<i>T</i>	5,0097	-2,1272	0,62498
21 DIAS			
9	42,80 ± 1,08 a	48,77 ± 1,38 a	45,05 ± 20,99 a
4	41,60 ± 1,46 a	47,54 ± 1,24 a	89,70 ± 28,92 a
P	0,5126	0,6611	0,2659
g.l.	1,45	1,45	1,45
<i>T</i>	0,6634	0,5137	-1,1376
28 DIAS			
9	40,99 ± 1,79	49,24 ± 1,70	25,76 ± 1,49
35 DIAS			
9	42,08 ± 0,71	47,40 ± 1,37	21,88 ± 1,66

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ou *t* ($P < 0,05$).

A transformação na coloração da epiderme dos frutos está relacionada com a degradação da clorofila, que favorece a percepção visual dos carotenoides presentes nos frutos ou pela síntese de novos carotenoides que aumentam o aparecimento de colorações amareladas e/ou alaranjadas (WILLS et al., 1998). A perda da coloração vermelha está relacionada com a instabilidade, descoloração e degradação das antocianinas e antoxantinas, presentes nas camadas superficiais da epiderme dos frutos e no vacúolo das células, diminuindo a presença das cores vermelha e roxas dos frutos (WILLS et al., 1998). A degradação e alteração das antocianinas e antoxantinas, são aceleradas e promovidas por condições como aumento do pH dos frutos, acúmulo de ácidos orgânicos, temperaturas

elevadas, aumento da atividade dos complexos enzimáticos e pela presença de oxigênio (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

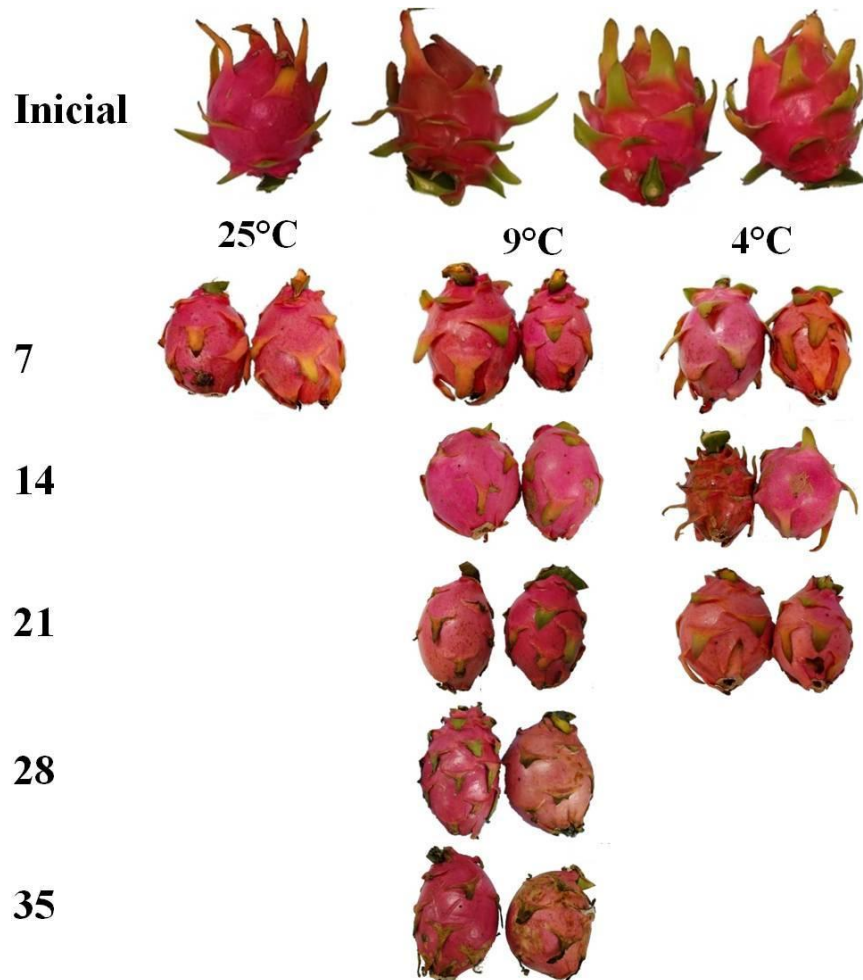


FIGURA 5 - Evolução da aparência visual dos frutos de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

Aos 7 dias de armazenamento, maiores valores de escurecimento interno foram observados nos frutos armazenados a 25 °C e 4 °C. Entre o 14° e o 21° dia de armazenamento, frutos mantidos a 4 °C apresentaram maior escurecimento interno em relação aqueles expostos a temperatura de 9 °C. Frutos armazenados a 9 °C apresentaram visivelmente menor susceptibilidade ao escurecimento interno quando comparado ao frutos mantidos a 4 °C (Tabela 8 e Figura 6). O maior escurecimento interno dos frutos armazenados a 4 °C está relacionado as injúrias causadas pelo frio (*Chilling injury*) devido ao armazenamento em baixa temperatura.

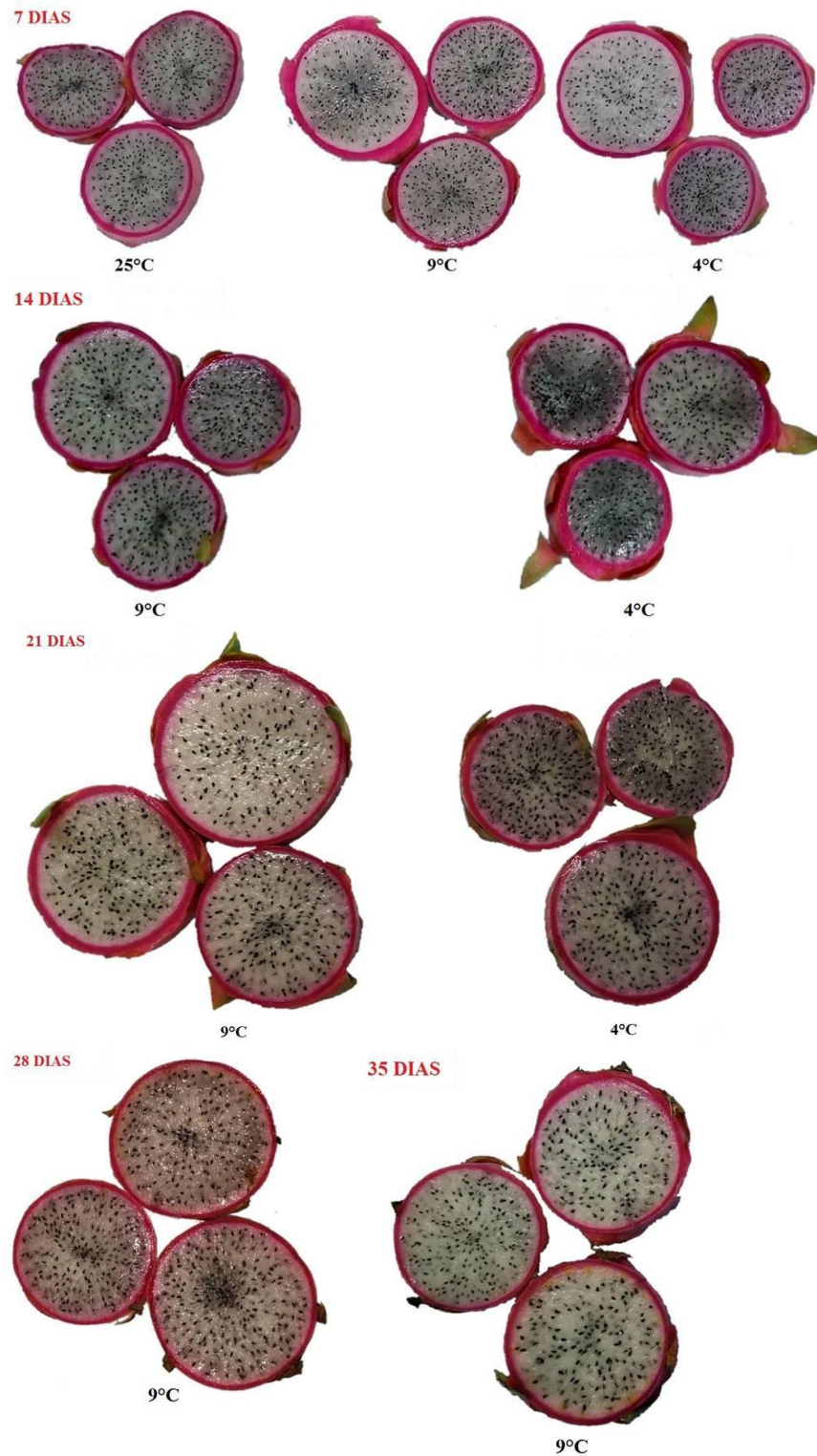


FIGURA 6 – Evolução no escurecimento interno de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenados por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou $4 \pm 0,4$ °C e umidade relativa do ar de $86 \pm 3\%$.

O maior escurecimento de polpa observado em pitaias armazenadas a 4 °C é devido a exposição dos frutos por longos períodos a baixas temperaturas, o que resulta na solidificação dos lipídeos protoplasmáticos, na alteração do metabolismo, na redução de componentes essenciais e no acúmulo de compostos tóxicos. Essas alterações causam deformações na permeabilidade celular e mudança física nas membranas (LYONS, 1973; SILVA; FINGER; CÔRREA, 2008). A transição de fase das membranas causa alterações visuais e aparecimento de lesões, devido à passagem dessa estrutura de uma estrutura cristalina, líquida, flexível e normal para uma estrutura de gel sólido (LYONS, 1973).

TABELA 8 – Escurecimento interno [(L×C)/h°] da polpa de pitaias [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (Cactaceae)] armazenadas por 7, 14, 21, 28 e 35 dias sob temperatura de 25 ± 1 °C, 9 ± 1 °C ou 4 ± 0,4 °C.

Temperatura (°C)	Escurecimento interno [(L×C)/h°] ¹ /Período de armazenamento (dias)				
	7	14	21	28	35
25	1,35 ± 0,84 a	-	-	-	-
9	0,78 ± 0,07 b	0,68 ± 0,05 b	0,76 ± 0,053 b	0,71 ± 0,011	0,74 ± 0,016
4	1,2 ± 0,10 a	0,97 ± 0,08 a	1,35 ± 0,013 a	-	-
Valor de P	0,0026	0,0258	0,0126		
F ou t	F _{2,9} = 12,32	t _{1,7} = -4,2936	t _{1,7} = -3,1043		

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ou t (P<0,05).

4. CONCLUSÕES

O armazenamento de pitaiia vermelha de polpa branca a 25 °C proporcionou um curto período pós-colheita (7 dias) e rápida deterioração e senescência dos frutos, ocasionada provavelmente pela aceleração e aumento nas taxas metabólicas e respiratórias, desenvolvimento de manchas e podridões;

A temperatura de 9 °C proporcionou maior vida útil dos frutos de pitaiia, assim como, mostrou-se bastante eficiente na conservação dos atributos de qualidade. A capacidade de armazenamento de frutos de pitaiias a 9 °C é de aproximadamente 28 dias, posterior a este período, verifica-se redução da qualidade dos frutos e início do processo de senescência.

O período de armazenamento de pitaiias vermelha de polpa branca na temperatura de 4 °C é de até 14 dias, ocorrendo após esse período o início da senescência e deterioração, constatadas pelo aumento nos mecanismos de defesa antioxidativo (aumento da vitamina C e maior atividade das enzimas do estresse antioxidativo), bem como maior peroxidação lipídica e elevado escurecimento interno.

Deste modo, o armazenamento de pitaiias nas temperaturas de 9 °C e 4 °C pode ter reduzido a respiração, a transpiração e o metabolismo dos frutos, dependendo do período de armazenamento, o que contribuiu para uma redução da perda de massa fresca durante o período pós-colheita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASADA, K. Ascorbate peroxidase – a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 85, n. 2, p. 235-241, 1992.
- BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE-FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1106-1109, 2006.
- CENCI, S. A.; SOARES, A.G.; FREIRE-JÚNIOR, M. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA, 1997. 29 p. (DOCUMENTOS 27).
- CENTURIÓN A.R.; SOLÍS, S.; MERCADO, E.; BÁEZ, R.; SAUCEDO, C.; SAURI, E. Variación de las principales características de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su maduración postcosecha. **Horticultura Mexicana**, v. 7, p. 419-425, 1999.
- CHANDRAN, S. Effect of film packing in extending shelf life of dragon fruit, *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Acta Horticulturae**, v. 875, p. 389–394, 2010.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- CHOO, W.S; YONG, W.K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, v. 2, p. 418-25, 2011.
- DEIRDRE, H. **Water relations in harvested fresh produce**. Postharvest Education Foundation, 2015. 16p.
- FAN, P.; HUBER, D.J.; SU, Z.; HU, M.; GAO, Z.; LI, M.; SHI, X.; ZHANG, Z. Effect of postharvest spray of apple polyphenols on the quality of fresh-cut red pitaya fruit during shelf life. **Food Chemistry**, v. 243, p. 19-25, 2018.
- FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; HO, Q.T.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B.; NICOLAÏ, B.M. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 1–13, 2007.
- FREITAS, S.T.; MITCHAM, E.J. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, v. 70, p. 257–262, 2013.
- FRIDOVICH, I. Fundamental aspects of reactive oxygen species, or what's the matter with oxygen? **Annals of the New York Academy Sciences**, v. 839, p. 13-18, 1999.

- GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILLO, F.J.; GREPPIN, H.A. A two-step significance for growth and development. **Physiologia Plantarum**, v. 64, p. 418-423, 1985. GUNASENA, H.P.M.; PUSHPAKUMARA, D.K.N.G.; KARIYAWASAM, M. Dragon fruit - *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. In: **Field manual for extension workers**. Wijerama Mawatha: Sri Lanka Council for Agricultural Policy, 2006. 37p.
- HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.
- HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968.
- HOA, T.T.; CLARK, C.J.; WADDELL, B.C.; WOOLF, A.B. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfecting hot air treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 62–69, 2006.
- HUA, Q.; CHEN, C.; TEL ZUR, N.; WANG, H.; WU, J.; CHEN, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, J.; HU, G.; QIN, Y. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 126, p. 117–12, 2018.
- HUAN, C.; JIANG, L.; AN, X.; YU, M.; XU, Y.; MA, R.; YU, Z. Potential role of reactive oxygen species and antioxidant genes in the regulation of peach fruit development and ripening. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 104, p. 294–303, 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- KONICA MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation, 2019. Disponível em: <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf>. Acessado em: 26 jun. 2020.
- LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 445-466, 1973.
- MATAN, N.; PUANGJINDA, K.; PHOTHISUWAN, S.; NISOA, M. Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit. **Food Control**, v. 50, p. 291–296, 2015.
- MERTEN, S. A review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 1, p. 98-105, 2003.

- MITTLER, R.; VANDERAUWERA, S.; GOLLERY, M.; VAN BREUSEGEM, F. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 10, p. 490-498, 2004.
- MORETTI, C.L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2007, 531p.
- NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 39–45, 1999.
- NERD, A.; MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 99-105, 1999.
- NUNES, M.C.N.; BRECHT, J.K.; MORAIS, A.M.M.B.; SARGENT, S.A. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1033-1036, 1998.
- ORTIZ, T.A.; BECKER, G.F.; TAKAHASHI, L.S.A. Pitaya genotypes (*Hylocereus* spp.) seed germination at different pH levels based on statistical models. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 1200–1204, 2018.
- PARKIN, K.L.; MARANGONI, A.; JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; STANLEY, D.W. Chilling injury: a review of possible mechanisms. **Journal of Food Biochemistry**, v. 13, p. 127–153, 1989.
- PUNITHA, V.; BOYCE, A.N.; CHANDRAN, S. Effect of storage temperatures on the physiological and biochemical properties of *Hylocereus polyrhizus*. **Acta Horticulturae**, v. 875, p. 137–144, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria. 2020.
- RIBEIRO, C.T.; BRUNINI, M.A.; SILVA, F.P. Qualidade de polpa de goiaba, manga e de suco de caju, laranja e uva congelados e armazenados a -18 °C. **Nucleus**, v. 7, p. 285-294, 2010.
- RODRÍGUEZ, D.A.R.; GUTIÉRREZ, M.; DEL, P.P.; LASPRILLA, D.M.; FISCHER, G.; VANEGAS, J.A.G. Efecto de los índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**. v. 58, n. 2, p. 2837-2857, 2005.

SEKITA, M.C. **Determinação da atividade de enzimas associadas com o mecanismo de defesa antioxidativo em plantas: quantificação de CAT, POX, APX e SOD.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal Of Botany**, v. 217037, p. 1-26, 2012.

SILVA, G.G. **Avaliação do efeito da radiação gama na qualidade do mamão (*Carica papaya* L.): características nutricionais, textura, parâmetros de estresse oxidativo e genéticos.** 170p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2008.

SILVA, J.S.; FINGER, F.L.; CÔRREA, P.C. **Armazenamento de frutas e hortaliças.** In: SILVA, J.S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil. p. 469-502, 2008.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.L.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 52, p. 437-467, 2001.

SOBRAL, R.R.S.; SANTOS, R.C.; JESUS, M.O.; ALVES, P.F.S.; MIZOBUTSI, G.P.; NUNES, V.X.; AGUIAR, F.S.; PARAIZO, E.A.; AGUIAR, M.C.S.; MIZOBUTSI, E.H. Effect of ripening stages on shelf life and quality of pitaya fruits during storage. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 37, p. 1–12, 2019.

SUH, D.H.; LEE, S.; HEO, D.Y.; KIM, Y.; CHO, S.K.; LEE, S.; LEE, C.H. 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, p. 8764–8771, 2014.

TENORE, G.C.; NOVELLINO, E.; BASILE, A. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 129–136, 2012.

TIAN, S.; QIN, G.; LI, B. Reactive oxygen species involved in regulating fruit senescence and fungal pathogenicity. **Plant Molecular Biology**, v. 82, p. 593–602, 2013.

TO, L.V.; NGU, N.; DUC, N.D.; HUONG, H.T.T. Dragon fruit quality and storage life: Effect of harvesting time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. **Acta Horticulturae**, v. 575, p. 611–621, 2002.

WALL, M.M.; KHAN, S.A. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **HortScience**, v. 43, p. 2115–2119, 2008.

WHEELER, G.L.; JONES, M.A.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, v. 393, p. 365-369, 1998.

WILLS, R.H.; GLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed., New York: CAB International, 1998. 262p.