



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

JOSÉ DARCIO ABRANTES SARMENTO

**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E CONSERVAÇÃO DA PITAIA
(*Hylocereus polyrhizus*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2017

JOSÉ DARCIO ABRANTES SARMENTO

**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E CONSERVAÇÃO DA PITAIA
(*Hylocereus polyrhizus*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Lígia Dantas de Moraes.

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Sq Sarmiento, José Darcio Abrantes.
Qualidade, compostos bioativos e conservação da
pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido
brasileiro / José Darcio Abrantes Sarmiento. -
2017.
145 f. : il.

Orientadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2017.

1. Cactaceae. 2. Frutas exóticas. 3. Vida útil
pós-colheita. 4. Alimentos funcionais. 5.
Atividade antioxidante. I. Moraes, Patrícia Lígia
Dantas de , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ DARCIO ABRANTES SARMENTO

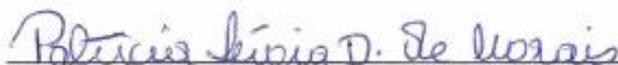
**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E CONSERVAÇÃO DA PITAIA
(*Hylocereus polyrhizus*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia. Área de concentração: Agricultura Tropical.

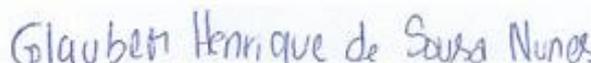
Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita.

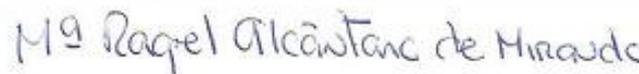
Defendida em: 23 / 02 / 2017.

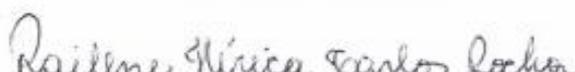
BANCA EXAMINADORA


Prof.^a D.Sc. Patrícia Lígia Dantas de Moraes (UFERSA)
Presidente


Prof.^a D.Sc. Elizângela Cabral Dos Santos (UFERSA)
Membro Examinador


Prof. D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes (UFERSA)
Membro Examinador


Prof.^a D.Sc. Maria Raquel Alcântara de Miranda (UFC)
Membro Examinador


Prof.^a D.Sc. Railene Herica Carlos Rocha (UFCG)
Membro Examinador

Aos meus pais, José Carlos Abrantes de Oliveira e Francisca Marta Sarmiento de Abrantes, pelo amor e dedicação dada. À minha esposa, Amanda K. A. Sarmiento Abrantes, pela compreensão, força, amizade, companheirismo e apoio durante a realização deste sonho e à minha filhinha Alice, motivo da renovação de forças para acreditar e prosseguir na batalha diária.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua proteção, orientação, coragem e entusiasmo para recomeçar a cada dia e por preparar hoje o meu amanhã, concedendo-me saúde, conforto material e espiritual;

À Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela aprendizagem e oportunidades concedidas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Federação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte (FAPERN) e à UFERSA, pela concessão de bolsa de estudo e apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa;

À minha Orientadora, Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes, pela amizade, incentivo, orientação, disponibilidade, confiança e apoio nessa jornada de trabalho, de suma importância em minha formação;

Aos membros da banca, Dra. Elizangela Cabral Dos Santos, Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes, Dra. Maria Raquel Alcântara de Miranda e Dra. Railene Herica Carlos Rocha, pelas valiosas correções e contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho;

À minha esposa, Amanda Kelly, pelos anos de convivência que foram baseados em companheirismo, confiança, dedicação, amor, paciência, ajuda e compreensão nos momentos mais difíceis e de colaboração na execução deste trabalho;

A meus amigos (as) Naama Melo, Rydley Lima, Terzinha Ramalho, Felipe Pontes, Maria Lucilânia (Branca), Vilma Amâncio e Lucas Ramos, que prontamente se disponibilizaram a me ajudar na execução das análises laboratoriais e pelo companheirismo diário;

A todos os amigos (as) e colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutos da UFERSA: Francisco Irael, Maria das Graças, Wilma Celedônio, Paula Lidiane e Fernando Henrique;

Ao meu irmão, Diogenes Abrantes, pelo apoio e incentivo na conclusão de mais uma etapa de minha formação e crescimento profissional;

Ao meu sogro Ribamar, minha sogra Veraci, minha cunhada Ayane e meu cunhado Artur, por todos os momentos vividos, apoio e incentivo;

Aos amigos Francisco Sarmiento, Alriene Freitas (família Freitas), Lindinalva Sarmiento, Zé Nilson e Galba Silveira, pelo apoio, incentivo, carinho, atenção e por tornarem meus dias em Mossoró mais agradáveis;

Aos meus pais, pelo incentivo aos estudos e por sempre acreditarem em meu potencial;

Enfim, a todos os meus amigos e familiares que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade, o potencial antioxidante e a conservação da pitaita (*Hylocereus polyrhizus*), produzidas no semiárido brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil, e submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR) e à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR). Foram realizados três experimentos. No primeiro experimento, foi realizada uma caracterização física, química e nutricional da pitaita, na qual foram usadas 12 repetições de dois frutos cada, totalizando 24 frutos. No segundo experimento, foram avaliados o potencial de conservação e os compostos bioativos da pitaita submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR), onde foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação (ocasião da colheita - 0, 7, 14, 22 e 32 dias), com quatro repetições de dois frutos cada. No terceiro experimento, foram avaliados a vida útil pós-colheita e os compostos bioativos da pitaita submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR), no qual foi conduzido em DIC, constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação (0, 5, 8, 11 e 14 dias), com quatro repetições de dois frutos cada. Os frutos foram colhidos totalmente maduros e transportados para o laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, onde foram selecionados, instalados os experimentos e submetidos às análises físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS). Para o primeiro experimento, concluiu-se que a pitaita de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) produzida semiárido do Nordeste brasileiro, possui bom rendimento de polpa (71,2%), firmeza (51,45 N), sólidos solúveis (13,18 °Brix), relação SS/AT (33,4), açúcares totais (7,94%) e redutores (7,56%) e baixa acidez (0,40 mg/100 g). Características físicas, químicas e nutricionais favorecem o consumo *in natura*, além de conteúdo significativo de minerais, dos quais se destacaram o manganês (1,95 g/kg), cálcio (1,33 g/kg), potássio (1,58 g/kg) e ferro (173,0 mg/kg), dos compostos bioativos betacianinas (82,27 mg/100 g) e betaxantinas (113,15 mg/100 g), o que leva a pitaita a ser considerada um fruto rico em nutrientes benéficos à saúde. Para o segundo experimento, concluiu-se que o armazenamento influenciou a maioria das variáveis analisadas, exceto para firmeza de polpa, luminosidade e ângulo hue da polpa e para os açúcares totais e redutores, permanecendo constante durante o armazenamento. A pitaita armazenada à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR) pode ser comercializada até o 12º dia, sem perdas na qualidade, momento em que apresentou também alta relação de SS/AT (85,61), que, atrelado ao rendimento de polpa (85,06%) e firmeza do fruto (36,33 N), favorece o consumo *in natura*; e considerado conteúdo de betacianinas (56,28 mg/100 g) e betaxantinas (84,44 mg/100 g). A pitaita é uma boa fonte de betacianinas e betaxantinas e sua atividade antioxidante mostrou-se correlacionadas com os polifenóis e as betacianinas. Para o terceiro experimento, concluiu-se que a pitaita (*Hylocereus polyrhizus*) armazenada sob refrigeração (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR) manteve boa aparência, os açúcares totais (8,06%) e redutores (7,55%), de relação SS/AT (78,11) e rendimento de polpa (82,77%) ao final do armazenamento, podendo ser comercializada por até 32 dias, sem perdas na qualidade; momento em que também apresentou elevada firmeza do fruto (40,03 N) e polpa (3,89 N) e de conteúdo de betacianinas (58,00 mg/100 g) e betaxantinas (91,97 mg/100 g). A atividade antioxidante da pitaita está correlacionada com as antocianinas, aos polifenóis e as betacianinas.

Palavras-chave: Cactaceae. Frutas exóticas. Vida útil pós-colheita. Alimentos funcionais. Atividade antioxidante.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the quality, antioxidant potential and the conservation of the dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*), produced in the Brazilian semi-arid region, Vale do Jaguaribe-CE, Brazil, and submitted to refrigerated storage (10 ± 1 °C and $95 \pm 5\%$ RH) and at room temperature (25 ± 1 °C and $45 \pm 5\%$ RH). Three experiments were realized. In the first experiment a, physical, chemical and nutritional characterization of the dragon fruit was performed, in which 12 replicates of two fruits were used, totalizing 24 fruits. In the second experiment, the conservation potential and the bioactive compounds of the dragon fruit subjected to refrigerated storage (10 ± 1 °C and $95 \pm 5\%$ RH) were evaluated, where it was conducted in a completely randomized design (DIC), constituting the treatments by the evaluation times (harvest time - 0, 7, 14, 22 and 32 days), with four replicates of two fruits each. In the third experiment, the post-harvest shelf life and the bioactive compounds of the dragon fruit were submitted to storage at room temperature (25 ± 1 °C and $45 \pm 5\%$ RH), where it was conducted in DIC, constituting the treatments by the evaluation times (0, 5, 8, 11 and 14 days), with four replicates of two fruits each. The fruits were harvested fully matured and transported to the Post-Harvest Physiology Laboratory of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, where they were selected, installed the experiments and submitted to physical, physical-chemical, bioactive compounds and antioxidant activity (ABTS) analyzes. For the first experiment, it is concluded that the dragon fruit produced in the Brazilian semi-arid region has a high yield of pulp (71.2%), firmness (51.45 N), soluble solids (13.18 °Brix), SS/AT ratio (33.4), total sugars (7.94%) and reducing sugars (7.56%); low acidity (0.40 mg/100 g); besides significant content of minerals, emphasizing the manganese (1.95 g/kg), calcium (1.33 g/kg), potassium (1.58 g/kg) and iron (173.0 mg/kg), and the bioactive compounds betacyanin (82.27 mg/100 g) and betaxanthines (113.15 mg/100g), which makes the dragon fruit to be considered a nutrient rich fruit beneficial to health. For the second experiment, it was concluded that the dragon fruit maintained a good appearance, high sugar content and higher SS/AT ratio at the end of the storage, and it could be marketed for up to 32 days under refrigeration, without loss of quality; at which time it also obtained high firmness of the fruit and pulp, and considered content of betacyanins (58.00 mg/100 g) and betaxanthines (91.97 mg/100 g). For the third experiment, it was concluded that dragon fruit can be marketed for up to 12 days at room temperature, with no loss of quality, at which point it has a high SS/AT ratio, which is linked to pulp yield and fruit firmness, which favors consumption *in natura*; dragon fruit is a good source of betacyanins and its antioxidant activity is correlated with polyphenols and betacyanins.

Key-words: Cactaceae. Exotic fruits. Post-harvest shelf life. Functional food. Antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Vista externa e interna de frutos de <i>H. undatus</i> , <i>H. polyrhizus</i> , <i>H. megalanthus</i> e <i>H. setaceus</i> (SILVA, 2014).....	19
--	----

CAPÍTULO III

Figura 2. Aparência externa (A), perda de massa fresca (B), rendimento de polpa (C) e espessura de casca (D) da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	84
Figura 3. Firmeza do fruto da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	86
Figura 4. Variáveis de cor – luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo Hue (°h) da casca (A) e cromaticidade (C*) da polpa (B) da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	87
Figura 5. Sólidos solúveis - SS (A), acidez titulável - AT (B), pH (C) e relação SS/AT (D) da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	89
Figura 6. Vitamina C (A), antocianinas totais (B), flavonoides (C) e polifenóis extraíveis totais (PET) (D) da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	91
Figura 7. Betacianinas em diferentes extratores (A) ¹ e betaxantinas (B) da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR). ¹ y_H20 - água; y_E70 - Etanol 70% (etanol:água 70:30); e y_E80 - Etanol 80% (etanol:água 80:20).....	94
Figura 8. Atividade antioxidante total pelo método ABTS da pitáia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	95

CAPÍTULO IV

Figura 9. Aparência externa (A), perda de massa fresca (B), rendimento de polpa (C) e espessura de casca (D) do fruto da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	116
Figura 10. Firmeza do fruto (A) e de polpa (B) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	118
Figura 11. Luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo hue ($^{\circ}h$) da casca (A) e cromaticidade da polpa (B) do fruto da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	119
Figura 12. Sólidos solúveis - SS (A), acidez titulável - AT (B), pH (C) e relação SS/AT (D) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	121
Figura 13. Vitamina C (A), antocianinas totais (B), betacianinas em diferentes extratores (C) ¹ e betaxantinas (D) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR). ¹ y_H20 - água; y_E70 - Etanol 70% (etanol:água 70:30); e y_E80 - Etanol 80% (etanol:água 80:20).....	124
Figura 14. Polifenóis extraíveis totais (PET) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	128

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Características físicas da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.....	55
Tabela 2. Cromaticidade (C*), ângulo Hue (°H) e luminosidade (L*) da casca e polpa da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) oriundo do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.....	57
Tabela 3. Composição química da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.....	58
Tabela 4. Conteúdo de minerais da polpa da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.....	60
Tabela 5. Compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.....	62

CAPÍTULO III

Tabela 6. Teor médio de açúcar total e redutor da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	90
Tabela 7. Conteúdo de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida à extração a água, etanol a 70 e 80%.....	93
Tabela 8. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).....	96

CAPÍTULO IV

Tabela 9. Teor médio de açúcar total e redutor da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	123
Tabela 10. Conteúdo de betacianinas e betaxantinas da pitaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida à extração a água, etanol a 70 e 80%.....	126

Tabela 11. Teor médio de flavonoides e atividade antioxidante total (AAT) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	127
Tabela 12. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) da pitiaia (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).....	129

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Aspectos gerais da pitaiá	18
2.2 Características físicas, físico-químicas e químicas	22
2.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	29
2.4 Armazenamento.....	33
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL DA PITAIA (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	45
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 Amostras e instalação do experimento.....	49
2.2 Características físicas	50
2.3 Características físico-químicas e químicas	50
2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT).....	53
2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT)...	53
2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS ^{•+}	54
2.6 Análise estatística.....	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 Características físicas	55
3.2 Características físico-químicas e químicas	58
3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	61
4 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS.....	66
CAPÍTULO III - VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA E COMPOSTOS BIOATIVOS DA PITAIA (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	73
1 INTRODUÇÃO.....	75
2 MATERIAL E MÉTODOS	77

2.1 Amostras e instalação do experimento.....	77
2.2 Características físicas	78
2.3 Características físico-químicas e químicas	79
2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT).....	80
2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT)...	80
2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS ^{•+}	81
2.5 Análise estatística.....	81
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
3.1 Características físicas	83
3.2 Características físico-químicas e químicas	87
3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	90
4 CONCLUSÃO.....	98
REFERÊNCIAS.....	99

CAPÍTULO IV - ARMAZENAMENTO REFRIGERADO E COMPOSTOS BIOATIVOS DA PITAIA (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	105
1 INTRODUÇÃO.....	107
2 MATERIAL E MÉTODOS	109
2.1 Amostras e instalação do experimento.....	109
2.2 Características físicas	110
2.3 Características físico-químicas e químicas	111
2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT).....	112
2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT).	112
2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS ^{•+}	113
2.5 Análise estatística.....	113
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	115
3.1 Características físicas	115
3.2 Características físico-químicas e químicas	120
3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	123
4. CONCLUSÃO	130
REFERÊNCIAS.....	131
APÊNDICE	137

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

Várias espécies de frutíferas, ainda pouco conhecidas, têm sido estudadas como alternativa às espécies tradicionais, a fim de atender a novas demandas e exigências de mercados interno e externo por novos sabores, cores e texturas. Frutas fornecem nutrientes essenciais, como minerais, fibras, vitaminas e compostos fenólicos (RUFINO et al., 2010), benéficos para a saúde humana (WANG et al., 2017), por apresentarem quantidades consideráveis desses nutrientes (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; SONG et al., 2016) com ação antioxidante (WOLFE et al., 2008; FU et al., 2011).

Diversas são as espécies frutíferas nativas e exóticas de importância econômica com potencial para exploração na região semiárida do Brasil, graças às possibilidades de se produzir frutos de qualidade para competir tanto no mercado interno como externo, seja para fruta de mesa ou para indústria. Apesar do aumento significativo da demanda das frutas exóticas nos últimos anos, a quantidade ainda é pequena em relação ao volume total das demais frutas, e apesar de ser um nicho de mercado, a tendência é de crescimento (WATANABE; OLIVEIRA, 2014), o que abre perspectiva para novas alternativas.

Dentre essas frutíferas com grande potencial de produção e comercialização no semiárido brasileiro, encontra-se a pitaia (*Hylocereus polyrhizus* Britton & Rose), que é da família Cactaceae, facilmente reconhecível, famílias de plantas morfologicamente distintas, distribuídas por todo o continente americano, em regiões tropicais e temperadas, desde a costa da Flórida até o Brasil, com a maior diversidade de espécies no México (ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012). Esta espécie está entre as mais cultivadas em todo o mundo, caracterizando por apresentar casca e polpa vermelho-púrpura (LE BELLEC et al., 2006).

O fruto apresenta alta demanda tanto no mercado nacional como internacional (ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012; MIZRAHI, 2014), apresenta considerado conteúdo de fitoquímicos (SONG et al., 2016), minerais (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015), betalainas (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; LE BELLEC et al., 2006), dentre outros compostos bioativos (WU et al., 2006; LIMA et al., 2013) que estão relacionados à sua atividade antioxidante (CHOO; YONG, 2011; FU et al., 2011; KIM et al.,

2011; ABREU et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Características químicas atreladas ao alto valor comercial despertam o interesse dos fruticultores em seu plantio e cultivo (CORDEIRO et al., 2015), sendo atualmente cultivada e comercializada em mais de 20 países como uma nova alternativa para fruticultura, dentre eles o México, Nicarágua, Guatemala, Estados Unidos, Taiwan, Vietnã, Filipinas e Israel (MIZRAHI, 2014; OBENLAND et al., 2016).

No Brasil, o cultivo da pitaia é recente, existem pequenas áreas de produção, e teve início há cerca de 15 anos, no Estado de São Paulo, a partir de onde se iniciaram os cultivos comerciais no Estado e atualmente em Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco existe cultivo da pitaia (BASTOS et al., 2006; NUNES et al., 2014) e, atualmente, produtores do Rio Grande do Sul também apostam no cultivo da pitaia (CANAL RURAL, 2016).

De 2007 a 2012, houve aumento de mais de 250% no volume de comercialização de pitaia na CEAGESP. No ano de 2013, foram comercializadas mais de 319 toneladas de pitaia, originárias de cinco estados brasileiros: São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Paraná e Goiás, com destaque para o Estado de São Paulo, responsável por mais de 92% da quantidade comercializada nas CEASAS (mais de 270 toneladas), seguido por Minas Gerais, com pouco mais de 5,62% (16.380 kg), e pelo Ceará (1,16% do total comercializado, equivalente a 3.399 kg) (SILVA, 2014). Neste último, localizado na região da Chapada do Apodi, nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, Estado do Ceará, há plantio de aproximadamente 15 hectares da cultura (NUNES et al., 2014) e no Estado do Rio Grande do Norte, no município de Baraúnas, produtores mantêm cerca de 10 hectares de pitaia, dos quais a maioria com a espécie *H. undatos*, seguida da *H. polyrhizus* e, recentemente, a espécie *H. megalanthus* tem sido implantada em cerca de 2 hectares.

Para que o fruto de determinada espécie seja colocado no mercado, é necessário conhecimento de seu metabolismo, principalmente, as transformações que ocorrem após a colheita (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). E quando se pretende atingir o mercado externo, como é o caso da pitaia, é necessária a utilização de tecnologias pós-colheita para prolongar sua vida útil. O uso da refrigeração é uma das tecnologias mais eficientes e utilizada para prolongar a vida útil pós-colheita dos frutos, pois reduz a intensidade dos seus processos metabólicos, retardando o processo de senescência, tornando-os mais atrativos e aptos ao consumo por mais tempo.

O armazenamento da pitaia em condições ambiente ocasiona rápida perda de qualidade dos frutos, sendo geralmente armazenados a temperaturas de 14 °C ou abaixo para

retardar a ocorrência de alterações indesejáveis (GARCÍA-CRUZ et al., 2016), dos quais são intensificadas durante a pós-colheita e armazenamento (LI et al., 2017). Segundo Mizrahi (2014), a temperatura mínima para armazenar pitaia é de 10 °C, uma vez que são sensíveis a danos por frio. Alguns clones podem ter vida de prateleira de 26 dias, sendo estes 21 dias a 10 °C, seguidos por cinco dias a 20 °C. Por outro lado, frutos armazenados a 6 °C e transferidos para ambiente a 20 °C são suscetíveis a danos por frio (NERD et al., 1999). Freitas e Mitcham (2013) recomendam temperatura de armazenamento para pitaia (*H. undatus*) cultivada na Califórnia de 5 °C, temperatura também recomendada por Hoa et al. (2006) para frutos oriundo do Vietnã. Brunini e Cardoso (2011) relatam que em temperaturas de 8 e 13 °C a vida útil da pitaia pode ser estendida até 25 dias. Entretanto, são desconhecidos dados, até o momento, sobre o comportamento e vida útil pós-colheita da pitaia, espécie *H. polyrhizus*, oriundas do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Na qual, a produção é destinada à grande região de Fortaleza-CE, Mossoró-RN e São Paulo-SP, sendo transportada aproveitando a cadeia de frio do melão e mamão, bem estabelecidos na região, que normalmente utilizam temperaturas que variam de 10 a 13 °C.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade e potencial antioxidante da pitaia (*H. polyrhizus*) oriunda do semiárido brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil; assim como avaliar seu potencial de conservação sob armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR) e sob armazenamento em temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da pitáia

Várias espécies de cactos têm revelado importância quanto ao potencial para diferentes usos em todo o mundo (PIMIENTA-BARRIOS; NOBEL, 1994; CASTILLO-MARTÍNEZ et al., 2005; CAMPOS-ROJAS et al., 2011; LUCENA et al., 2013; CEJUDO-BASTANTE et al., 2016), dentre elas destaca-se a pitáia como fonte de alimento.

O nome pitáia é empregado tanto para a planta como para o fruto, é uma espécie que apresenta vários nomes vulgares como pitahaya, red pitaya, strawberry pear e pitaya na América Latina; night blooming e queen of the night na América do Norte e red dragon fruit e dragon fruit na Ásia (ZEE et al., 2004; CAVALCANTE, 2008; ARIFFIN et al., 2009; BARQUERO; MADRIGAL, 2010; CEJUDO-BASTANTE et al., 2016). No Brasil, é comumente chamada de pitáia.

A pitáia pertence ao grupo de frutíferas consideradas promissoras para cultivo (MOREIRA et al., 2012), é da família Cactaceae, um dos mais populares, facilmente reconhecível, família de plantas morfologicamente distintas e que inclui cerca de 1.600 espécies distribuídas por todo o continente americano, em regiões tropicais e temperadas, desde a costa da Flórida até o Brasil, com a maior diversidade de espécies no México (WALLACE; GIBSON, 2002; ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012; LUCENA et al., 2013), em regiões úmidas situadas a latitudes de 10° Sul a 25° Norte (SILVA, 2014).

A pitáia é nativa da América Tropical e Subtropical, variam do Sul do México para o norte da América do Sul (LUDERS; MCMAHON, 2006; MOREIRA et al., 2012). Os gêneros *Hylocereus*, *Selenicereus*, *Cereus*, *leptocereus*, *Escontria*, *Myrtilloactos*, *Stenocereus* e *Opuntia* estão entre as espécies com maior potencial para cultivo (MOREIRA et al., 2012; CRUZ et al., 2015). O gênero *Hylocereus* tem 16 espécies reconhecidas, amplamente distribuídos em todo o mundo, apresentam grande variedade de tipos que provavelmente correspondem às mesmas espécies, distribuída amplamente nos locais onde as condições ecológicas são limitantes (SOLANO et al., 2005).

Muitos frutos e espécies cultivadas são referidos como pitáia, entretanto pode-se agrupá-las em quatro gêneros principais: *Stenocereus* Britton & Rose, *Cereus* Mill., *Selenicereus* (A. Berger) Riccob e *Hylocereus* Britton & Rose (BRITTON; ROSE, 1963; NERD et al., 2002; LE BELLEC et al., 2006). Os frutos diferem em forma, tamanho, cor,

número e tamanho das brácteas, além de teor de sólidos solúveis (CASTILLO-MARTÍNEZ et al., 2005). Entre todas as espécies existentes de *Hylocereus*, as mais cultivadas e difundidas em todo o mundo são: *H. undatus*, pitiaia vermelha e com polpa branca; *H. polyrhizus*, pitiaia com casca e polpa vermelho-púrpura, e *Hylocereus* ou *Selenicereus megalanthus*, pitiaia amarela de polpa branca (LE BELLEC et al., 2006; ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012; CEJUDO-BASTANTE et al., 2016). No Brasil, existem algumas espécies que vegetam naturalmente no cerrado, dentre elas a *S. setaceus* Rizz, também conhecida como “saborosa” ou pitaya-do-cerrado, diferenciada das demais espécies por apresentar espinho na superfície do fruto (JUNQUEIRA et al., 2002) (Figura 1).

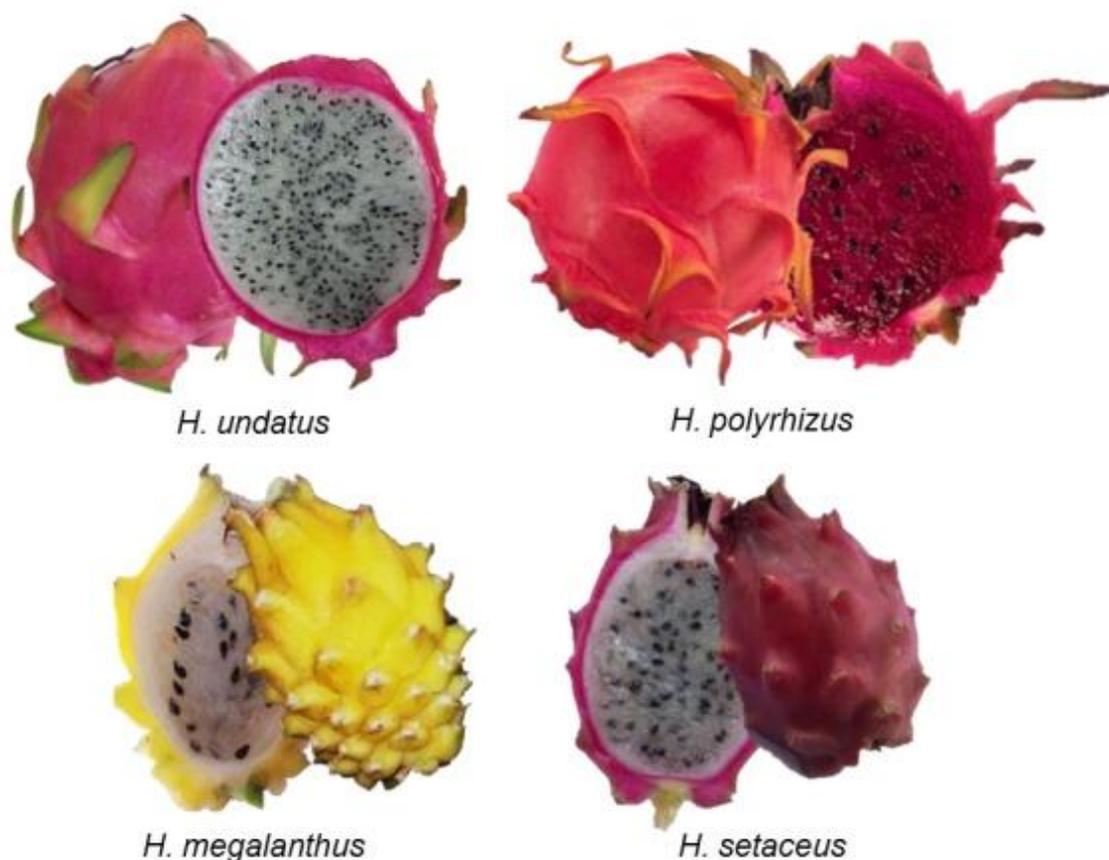


Figura 1. Vista externa e interna de frutos de *H. undatus*, *H. polyrhizus*, *H. megalanthus* e *H. setaceus* (SILVA, 2014).

Das cactáceas, a pitiaia é a frutífera mais cultivada do mundo. Em 1995, o Vietnã foi o primeiro país a vender pitiaia nos mercados mundiais, sob o nome de Dragon Pearl Fruit (Thang Loy em sua língua) (MIZRAHI, 2014); sendo o Japão por muito tempo o maior exportador (JUNQUEIRA et al., 2002). Atualmente, o Vietnã é o principal produtor e exportador desse fruto, muito à frente de todos os outros países juntos. Atualmente, a pitiaia é

cultivada e comercializada em mais de 20 países (MIZRAHI, 2014), a exemplo da Colômbia (CEJUDO-BASTANTE et al., 2016), Costa Rica (BARQUERO; MADRIGAL, 2010), Israel (HERBACH et al., 2006), Malásia (LIM et al., 2012), Austrália (JUNQUEIRA et al., 2002; ABDI; MIZRAHI, 2012), Taiwan (HA et al., 2014), Vietnã (CRANE; BALERDI, 2013), Estados Unidos (MERTEN, 2003), Malásia (CHEAH; ZULKARNAIN, 2008; ARIFFIN et al., 2009), China (RUI et al., 2009), Peru, Camboja, Equador, Espanha, Guatemala, Indonésia, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru Filipinas, Vietnã, Tailândia (NERD; MIZRAHI, 1997; CAVALCANTE et al., 2011; ABDI; MIZRAHI, 2012; ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012), sendo, portanto, fruto com alta demanda tanto nos mercados nacionais como internacionais (ORTIZ HERNANDÉZ; CARILLO SALAZAR, 2012; MIZRAHI, 2014).

No Brasil, o cultivo da pitaia é recente: existem pequenas áreas de produção, que teve início há cerca de 15 anos, com a produtora Anoemisia Sader, de Itajobi e outros produtores da região de Catanduva, no Estado de São Paulo. A partir daí, iniciaram cultivos comerciais no Estado, e hoje há cultivos comerciais em Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco (BASTOS et al., 2006; NUNES et al., 2014; SILVA, 2014) e, atualmente, produtores do Rio Grande do Sul também apostam no cultivo da pitaia (CANAL RURAL, 2016).

De 2007 a 2012, houve aumento de mais de 250% no volume de comercialização de pitaia na CEAGESP. No ano de 2013, foram comercializadas mais de 319 toneladas de pitaia, originárias de cinco estados brasileiros: São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Paraná e Goiás, com destaque para o Estado de São Paulo, responsável por mais de 92% da quantidade comercializada nas CEASAS (mais de 270 toneladas), seguido por Minas Gerais, com pouco mais de 5,62% (16.380 kg) e pelo Ceará (1,16% do total comercializado, equivalente a 3.399 kg) (SILVA, 2014).

Segundo Mizrahi (2014), a pitaia tem um futuro brilhante devido às seguintes razões: é uma fruta visualmente atraente; a eficiência do uso da água é a maior entre todas as árvores de fruto; contém muitos nutracêuticos benéficos à saúde e é muito apreciada pelos consumidores; rendimentos são elevados; frutos podem ser produzidos quase o ano todo, que é enorme vantagem no mercado, e a planta como o todo apresenta outras utilizações, além de frutos frescos para o mercado. Podem ser utilizados como fontes de novos produtos, tais como corantes e polissacarídeos para a indústria alimentar (NERD et al., 2002), por conter excelentes pigmentos devido à sua cor e com estabilidade em várias gamas de tratamentos de pH e térmico e com alto valor nutricional (MIZRAHI, 2014).

A pitáia é utilizada na fabricação de refrigerantes, como matéria-prima na indústria de confeitaria (BARQUERO; MADRIGAL, 2010), como medicamento (CASTILLO-MARTÍNEZ et al., 2005) e potencial para uso como fonte de ingredientes funcionais para fornecer nutrientes que podem prevenir doenças relacionadas à nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (WICHIENTHOT et al., 2010; SONG et al., 2016; WANG et al., 2017), além de ser utilizada como foragem na alimentação animal (SILVA, 2014). Encontra-se dentro do importante grupo de frutas exóticas (HA et al., 2014), como fontes de vitaminas e minerais (LE BELLEC et al., 2006; WU et al., 2006; ABREU et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2013; LIMA et al., 2013) e suas propriedades organolépticas (cor, sabor e aroma) (CAMPOS-ROJAS et al., 2011; GARCÍA-CRUZ et al., 2016) despertam ainda mais o interesse do mercado consumidor. Características que, atreladas ao alto valor comercial, despertam o interesse dos fruticultores em seu plantio e cultivo (BASTOS et al., 2006; BRUNINI; CARDOSO, 2011; CAVALCANTE et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015).

Com a abertura comercial, o mercado mundial de frutas tem se tornado mais competitivo e aberto às novidades, como frutas nativas e exóticas, que têm despertado o desejo dos consumidores graças aos benefícios em seu consumo, destacando-as como alimento saudável, balanceado, funcional e diversificado, com suas cores, formatos, cheiros e sabores (SILVA et al., 2011). Apesar do aumento significativo da demanda das frutas exóticas nos últimos anos, a quantidade ainda é pequena em relação ao volume total das demais frutas e, apesar de ser um nicho de mercado, a tendência é de crescimento (WATANABE; OLIVEIRA, 2014), o que abre perspectiva para novas alternativas.

O mercado apresenta pitáia como uma opção para reforçar pequenos produtores em áreas com restrições agroecológicas, especialmente devido à falta de recursos hídricos (BARQUERO; MADRIGAL, 2010). No semiárido brasileiro, na região da Chapada do Apodí, municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, Estado do Ceará, há plantio de aproximadamente 15 hectares da cultura, onde as plantas produzem frutos o ano inteiro, com pequeno decréscimo nos meses mais chuvosos, que geralmente vão de janeiro a abril, e a produção é comercializada nas principais redes de supermercados de Fortaleza, capital do Estado, a preços elevados (NUNES et al., 2014). No Estado do Rio Grande do Norte, no município de Baraúnas, produtores mantêm cerca de 10 hectares de pitáia. Dos municípios citados, a maior área plantada é com a espécie *H. undatos*, seguida da *H. polyrhizus* e, recentemente, a espécie *H. megalanthus* tem sido implantada em cerca de dois hectares, onde a produção é destinada para a região de Fortaleza-CE, Mossoró-RN e São Paulo-SP, sendo

transportada aproveitando a cadeia de frio do melão e mamão, que normalmente utilizam temperaturas que variam de 10 a 13 °C.

Apesar do aumento da procura pela pitaita nos mercados internacional, nacional e regional, no Brasil ainda tem sido pouco estudada, de modo que produtor e consumidor têm pouco conhecimento. Com isso, observa-se perda considerável da produção, devido à falta de técnicas de conservação na fase pós-colheita para prolongar o período de comercialização com manutenção da qualidade (BRUNINI; CARDOSO, 2011; CAVALCANTE et al., 2011). Por mais que seja uma cultura antiga em muitos países, no Brasil ainda são escassos estudos de caracterização e potencial de conservação da pitaita da espécie *H. polyrhizus*, oriundos do semiárido brasileiro.

2.2 Características físicas, físico-químicas e químicas

O mercado mundial de frutas dispõe de grande variedade de produtos, o que, juntamente com fatores socioeconômicos, faz com que o consumidor exija boa qualidade e também defina seus padrões (CREMASCO et al., 2016). Determinações das características físicas auxiliam no estabelecimento do grau de maturação, no ponto ideal de colheita, bem como se refletem nos padrões de qualidade de aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Características como tamanho, forma e cor constituem importantes atributos na escolha de um produto pelo consumidor: quando padronizadas, são mais fáceis de manusear em grandes quantidades, pois apresentam perdas menores, produção mais rápida e melhor qualidade (CENCI, 2006). Tais características são inerentes às espécies ou cultivares, mas são utilizadas como atributo de qualidade para seleção e classificação dos produtos de acordo com a conveniência do mercado consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005), respondendo pela aparência externa (ALMEIDA et al., 2009) e, em alguns casos, como atributo para aparência interna.

Os diâmetros transversais e longitudinais são de grande utilidade para produtos destinados ao consumo e representam, em conjunto, o tamanho e a sua relação dá ideia da forma do produto (LOPES, 1982; NASCIMENTO et al., 2008). Para o mercado nacional de frutas frescas, os frutos de maior tamanho são mais atrativos aos consumidores; entretanto, para importação, os consumidores preferem frutos de menor peso e, conseqüentemente, de menor tamanho. Para a indústria, são preferíveis frutos grandes, onde o peso de polpa e casca é o atributo físico de maior importância para a exploração econômica, principalmente no que

se refere ao processamento de frutos (NASCIMENTO et al., 2014), espécies e/ou variedades cujos frutos têm elevado rendimento de polpa, apresentam maiores rendimentos no processamento dos produtos finais (concentrados), o que pode apresentar maior lucratividade para as indústrias (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O fruto da pitáia é uma baga, apresenta uma grande quantidade de polpa quando comparada a outras cactáceas, e esta característica pode ser interessante tanto para o consumo *in natura* como para o processamento do produto (CORDEIRO et al., 2015). Rendimento de 71% de polpa para pitáia foi observado em frutos produzidas na Nicarágua (VAILLANT et al., 2005), de 82,63% para frutos de pitáia de polpa vermelha comercializados na cidade de Fortaleza-CE (CRISTOFOLI et al., 2014), variação de 70,82 a 81,03% para frutos oriundos do Estado do Pará (SATO et al., 2014) e de 75,25% para frutos produzidos em Janaúba-MG região do semiárido (CORDEIRO et al., 2015). O elevado teor de polpa é uma das características mais desejáveis na comercialização de frutos *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, constitui um fator-chave a ser considerado para a escolha da matéria-prima ideal pela indústria de alimentos (MORZELLE et al., 2015).

Para o peso dos frutos, massa fresca, as diferentes espécies podem apresentar valores individuais variando de 130-640 g (HOA et al., 2006; LE BELLEC et al., 2006; SATO et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015), podendo alcançar até 900 g (NERD; MIZRAHI, 1997); comprimento de 85 mm e diâmetro de 73 mm (ESQUIVEL et al., 2007a; MOREIRA et al., 2011). Padrão de tamanho e formato do fruto da pitáia bem estabelecida dentre e entre a espécie favorece o estabelecimento de padrões de frutos para comercialização, podendo observar pitáia com formato esférico (SATO et al., 2014; CRISTOFOLI et al., 2014; VAILLANT et al., 2005) e oblongo/ovóide ($1,1 < RF \leq 1,7$) (LE BELLEC et al., 2006; BARQUERO; MADRIGAL, 2010; CORDEIRO et al., 2015; MENEZES et al., 2015). O desenvolvimento da pitáia vermelha é dependente diretamente das condições do local de cultivo (temperatura e precipitação), sendo menor sua duração em condições de maior temperatura e precipitação (SILVA et al., 2015).

A coloração do fruto constitui importante atributo de qualidade. A tendência da cor vermelha encontrada para as polpas de pitaias pode ser considerada um interessante atrativo para o seu uso como ingrediente em outros alimentos (SATO et al., 2014). Para *H. polyrhizus*, que tem uma polpa vermelho-púrpura (vermelho-roxo), a acumulação de pigmentos de polpa ocorre em paralelo com o desenvolvimento da coloração da casca (NERD et al., 2002), o que torna o fruto da pitáia muito atraente na aparência quando fresco. Quando ainda imaturos, os frutos apresentam coloração verde, ocorrendo rápida mudança de verde para o vermelho,

quando se aproxima do período ótimo de colheita, que corresponde aos 30 dias após a antese (MARQUES et al., 2011; MENEZES et al., 2015; SILVA et al., 2015). As brácteas (escamas) mantêm-se com coloração verde até sua colheita, após esse período provavelmente ocorre degradação da clorofila e a síntese de betacianinas (MENEZES et al., 2015), o que proporciona a coloração característica da espécie. Por não existir índice de colheita bem definido, os produtores levam em consideração tais características para realizar a colheita (GARCÍA-CRUZ et al., 2016).

A aparência externa constitui um dos parâmetros de qualidade mais importantes para frutos (KADER, 2001), o qual determina o valor comercial do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005), principalmente em frutos destinados ao mercado *in natura*. Segundo Brunini e Cardoso (2011), a aparência externa da pitáia é influenciada pela temperatura e pelo tempo de armazenamento, havendo declínio durante o armazenamento na qualidade, devido principalmente à diferença de temperatura, por atuar acelerando o processo de respiração, ocasionando início da senescência.

A perda de massa fresca está intimamente ligada à aparência dos frutos, uma vez que ao perder água para o ambiente ocorre o murchamento e, conseqüentemente, o enrugamento dos frutos. Perdas acima de 10% são consideradas prejudiciais para a aparência dos frutos. Tal redução pode ocorrer em função das alterações dos processos fisiológicos, por exemplo, a transpiração e a respiração, que podem ser influenciadas por vários fatores, tais como: espessura da casca, presença e número de estômatos, temperatura, umidade relativa do ambiente e presença de algumas barreiras artificiais (CHITARRA; CHITARRA, 2005); conseqüentemente, ocorre enrugamento da casca, perda de massa e de volume, depreciando sua aparência externa e reduzindo a vida útil. A perda de massa é muito importante no aspecto comercial, haja vista que, em geral, sua comercialização se dá em função de sua massa.

A firmeza é um atributo de qualidade inerente ao produto (KADER, 2001), caracterizada pela dureza, fibrosidade, resistência à elasticidade e outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005), ocorrendo modificação durante seu desenvolvimento (MENEZES et al., 2015), sendo influenciada pela temperatura e tempo de armazenamento (HOA et al., 2006), reduzindo consideravelmente quando alcançam a maturação completa (ENCISO et al., 2011). A perda de firmeza é um fenômeno associado à degradação de componentes da parede celular durante a maturação do fruto e por alterações nas propriedades da cutícula (OSORIO et al., 2013). Embora os frutos de pitáia sejam coletados quando completa sua maturação, a variação de firmeza indica que a modificação de polissacarídeos nas células da lamela média e parede primária podem continuar mesmo na fase de senescência. Avaliação das características

morfológicas e físicas de frutos de diferentes espécies de pitaiia, em geral, apresenta consistência macia, que os tornam suscetíveis a danos mecânicos. Assim sendo, são de suma importância variedades que possuam frutos mais firmes, pois proporcionará maior resistência a danos e possivelmente maior vida útil (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Valores de firmeza de polpa variando de 6,16 N (MENEZES et al., 2015) a 6,3 N (YAH et al., 2008) e para firmeza do fruto valores de 92,84 N (BRUNINI; CARDOSO, 2011) e 44,31 N (CORDEIRO et al., 2015) foram constatado em pitaias de polpa branca e rosa, respectivamente, quando completamente maduras.

Com o aumento do consumo de pitaiia, é necessário investigar o potencial nutricional e funcional das diversas espécies, especialmente aquelas com maior produção e comercialização, como é o caso da *H. polyrhzius*, sendo escassos os dados sobre a composição química desse fruto (ABREU et al., 2012), o que limita o conhecimento sobre a caracterização físico-química e química do fruto.

Entre as características físico-químicas e químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, consideram-se as mais comuns: teor de sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), relação SS/AT, açúcares redutores, açúcares totais, vitamina C, pigmentos e compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), bem como a avaliação de minerais, lipídios e proteínas também constituem importantes informações a respeito do valor nutricional do produto e sua possível inclusão na dieta. Para pitaiia, tais características são influenciadas por diversos fatores, como as condições edafoclimáticas, tratos culturais, época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita (LIMA et al., 2013).

O pH é um caractere importante do fruto, uma vez que pode influenciar no tempo de deterioração, através do desenvolvimento de microrganismos, na atividade das enzimas, na retenção do sabor-odor de produtos de frutas, na estabilidade de corantes artificiais em produtos de frutas, na verificação do estágio de maturação de frutas, na escolha da embalagem, na palatabilidade, na escolha da temperatura de tratamento térmico, na escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, na escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria e na escolha de aditivos e conservantes (LIMA et al., 2013).

Pitaias frescas apresentam, em geral, baixos valores de acidez total (2,4 a 3,4%) (MOREIRA et al., 2011; CAVALCANTE, 2008), ocorrendo declínio no teor durante o armazenamento (BRUNINI; CARDOSO, 2011; NERD et al., 2002), simultaneamente à mudança da coloração da casca (MENEZES et al., 2015), que, dependendo das condições de armazenamento, pode ter comportamento acelerado decorrente dos processos metabólicos e

fisiológicos (BRUNINI; CARDOSO, 2011), que o utilizam como fonte de energia (HUAN et al., 2017). Teores de 0,28 mg de ácido cítrico em 100 g de polpa e pH de 4,88 foram obtidos em pitaias (*H. polyrhizus*) (ABREU et al., 2012) e de 0,10 de ácido cítrico em 100 g de polpa (MOREIRA et al., 2011), produzidos em São Paulo; de 0,35 de ácido cítrico em 100 g de polpa e pH de 3,15 em frutos cultivados em Jaboticabal (SILVA et al., 2011).

Pitáia de polpa vermelha tende a apresentar baixa acidez, como observado por Cordeiro et al. (2015) (5,32) e Stintzing et al. (2004) (4,4), característica também observada para outras espécies de pitáia: *H. undatos* (pH 4,3) (STINTZING et al., 2004); *H. costaricensis* (pH 4,85) (LIMA et al., 2013) e *H. setaceus* (pH de 3,28) (SILVA et al., 2011). A acidez é resultante dos ácidos orgânicos, os quais influenciam na cor, sabor, odor e na qualidade das frutas. Através da determinação da acidez total em relação ao conteúdo de açúcar, pode-se obter o estágio de maturação dos frutos (LIMA et al., 2013).

O teor de sólidos solúveis é um indicativo da quantidade de açúcares existentes no fruto (KLUGE et al., 2002), que, em geral, para frutos maduros, apresentam teores médios de 8 a 14% (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo uma característica desejável tanto para a agroindústria (NASCIMENTO et al., 2003), pois quanto maior o seu valor, menor a quantidade de frutos necessária para atingir a concentração de um produto, quanto para o consumidor, por proporcionar maior percepção de sabor agradável. Para frutos de pitáia cultivados na Califórnia, foram observados teores entre 13% e 16%, em média; porcentagem de sólidos solúveis aumenta quanto mais tempo os frutos ficam na planta. O maior teor de sólidos solúveis até agora registrado foi de 20% para a variedade de cor vermelha oriunda da Califórnia. Frutos com sólidos solúveis acima de 12 ou 13% parecem ter um nível de açúcar aceitável para a maioria dos consumidores (MERTEN, 2003; WANITCHANG et al., 2010); podendo observar variação entre 11,6 a 13,6% (YAH et al., 2008; ENCISO et al., 2011; CORDEIRO et al., 2015).

Os açúcares solúveis são os responsáveis pela doçura e sabor dos frutos, constituem a maior parte dos sólidos solúveis em forma de glicose, frutose e sacarose (CORDEIRO et al., 2015). Na pitáia, o conteúdo de açúcares aumenta durante seu desenvolvimento, podendo atingir teores máximo de 7 a 9% (NERD et al., 2002; OSORIO et al., 2013), dentre eles, presentes na polpa destacam-se os redutores, principalmente a glicose e a frutose (LE BELLEC, 2006) e em menor quantidade a sacarose (WALL; KHAN, 2008), sendo o teor de glicose maior em pitáia vermelha e teor de frutose maior na pitáia branca (WICHIENTHOT et al., 2010). Tais características, associadas à baixa acidez, favorecem o consumo *in natura* (CORDEIRO et al., 2015), proporcionado por um maior valor de relação SS/AT, podendo

observar valores de relação de 45,31 para pitaias de polpa vermelha (*H. polyrhizus*) produzidas em Minas Gerais (CARDEIRO et al., 2015), de 51,90 para espécie de polpa branca (*H. undatus*) produzidas em São Paulo (BRUNINI; CARDOSO, 2011); valores que se destacam quando comparadas a frutos tradicionais, tais como: manga ‘Van Dyke’ (71,26), manga ‘Tommy Atkins’ (49,55), manga ‘Keitt’ (46,51), acerola (4,22 a 7,45), goiaba ‘Paluma’ (18,87), ‘Rica’ (22,47) e ‘Pedro Sato’ (25,52) (BATISTA et al., 2015).

O amido é o principal polissacarídeo de reserva nos vegetais (NELSON; COX, 2002); em pitaita, há acentuada degradação durante o amadurecimento (NERD et al., 1999), favorecendo o incremento de açúcares (NERD et al., 2002), altamente desejável em termos de amadurecimento de frutos (BLEINROTH, 1992), que, quando combinado com outros fatores fisiológicos, tem efeito no sabor e na textura. Em pitaita, o teor de amido é baixo, apresentando em torno de 1% quando completamente maduros (NERD et al., 1999; NERD; MIZRAHI, 1999).

O teor de umidade está entre os itens mais frequentemente avaliados na determinação de macronutrientes em alimentos (GARCIA-AMOEDO; ALMEIDA-MURDIAN, 2002), estando relacionada à sua estabilidade, qualidade do produto, podendo ser afetada pela estocagem, embalagem e processamento. Na maioria das polpas de frutos, os valores variam entre 65 a 95% (CECCHI, 2003). Para polpa de diferentes espécies de pitaita, o teor de umidade é considerado alto, podendo variar de 83,60 a 89,00% (LE BELLEC, 2006; MAHATTANATAWEE et al., 2006; ABREU et al., 2012; CORDEIRO et al., 2015; GARCÍA-CRUZ et al., 2013; JERÔNIMO et al., 2015), coerentes com a maioria das polpas de frutas, podendo verificar variação de 37,7 a 90,2% em polpa de frutas nativas do Brasil (GONÇALVES et al., 2010).

As proteínas desempenham papel fundamental na estrutura e função das células. Funcionam como biocatalisadores (enzimas e hormônios), controlando processos como crescimento, digestão, absorção, transporte e metabolismo (VILAS BOAS, 2002). Em pitaita, o teor de proteína varia consideravelmente (de 0,3 a 2,27%) (ABREU et al., 2012; BAKAR et al., 2011; LE BELLEC, 2006; SATO et al., 2014; JERÔNIMO et al., 2015), estas diferenças podem se dever às metodologias aplicadas ou a uma possível interferência da betalaínas, pigmento contendo azoto responsável pela cor vermelha (LE BELLEC, 2006). O principal aminoácido presente no suco de pitaita parece ser a prolina, com um teor notavelmente alto (1,1 a 1,6 g/L) (LE BELLEC, 2006). Para pitaita (*H. polyrhizus*), foram reportados valores de 0,95% (BAKAR et al., 2011), 1,06% (ABREU et al., 2012) e de 0,88 a 1,12% (SATO et al., 2014).

Os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005) que, em geral, em frutas e hortaliças apresentam baixos teores, à exceção da azeitona e abacate, ao passo que as leguminosas e nozes apresentam teores considerados deste composto (VILAS BOAS, 2002). Componentes lipídicos desempenham papéis importantes na estrutura das membranas celulares e em processos metabólicos. Nos seres humanos, os ácidos linoleico e alfa-linoleico são necessários para manter as membranas celulares, a função cerebral e a transmissão de impulsos nervosos sob condições normais (JERÔNIMO et al., 2015). As sementes de *H. undatus* e *H. polyrhizus* apresentam grande conteúdo de óleo, ambas proporcionando elevado rendimento (18,33 a 28,37%), contendo uma quantidade elevada de ácido linoléico, este possui importante função por servir como componentes estruturais da membrana do plasma e como precursores de alguns compostos reguladores metabólicos. Portanto, são capazes de servir como fonte potencial de antioxidantes naturais, tais como fenóis, tocoferóis e esteróis. Além de poder servir como uma fonte de óleo comestível, incorporar o óleo de semente em cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentos (LIM et al., 2010). Além de possuir uma gordura natural que melhora o funcionamento do aparelho digestivo e produz um efeito laxante (BARQUERO; MADRIGAL, 2010).

Cinza ou resíduo mineral é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550 e 570 °C, por incineração (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). Sua determinação fornece uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais (SILVA; QUEIROZ, 2002), sendo sua composição dependente da natureza do alimento e do método de determinação utilizado, onde para frutas frescas o conteúdo médio encontra-se entre 0,4 e 2,1% (CECCHI, 2003), constituindo, assim, ponto de partida para as análises de minerais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os minerais constituem componentes essenciais para diversas funções fisiológicas no organismo, indispensáveis à saúde humana e facilmente encontrados em produtos de origem vegetal. Suas concentrações variam em função do alimento, época de colheita, tipo de processamento, armazenamento e condições edafoclimáticas às quais a cultura foi submetida. As principais funções por eles desempenhadas resumem-se a função plástica ou estrutural (Ca, P, Mg); regulação do equilíbrio ácido-básico dos fluidos orgânicos (Na, K); equilíbrio da pressão osmótica (K, Na); atividade de enzimas (Mg, Ca, Zn, Mn, Mo) e fazem parte de componentes de substâncias importantes ao organismo (VILAS BOAS, 2002).

Os minerais estão diretamente relacionados ao estado de saúde e doença nos seres vivos, já que sua deficiência ou excesso pode provocar mudanças fisiológicas importantes para o organismo (AGUIAR et al., 2011). A pitaiá apresenta conteúdo relativamente alto de

potássio, seguido de magnésio e cálcio. Outros micronutrientes parecem estar presentes em maior quantidade, especialmente nas espécies com polpa vermelho-púrpura (LE BELLEC, 2006), podendo observar, em pitáia de polpa vermelha, maior concentração dos macronutrientes tais como: nitrogênio (11,3 g/kg), potássio (12,6 g/kg) e cálcio (8,0 a 23 g/kg); o fósforo, enxofre e magnésio nas concentrações de 2,3; 1,0 e 3,6 g/kg, respectivamente. Quanto aos micronutrientes, o ferro (337,58 mg/kg), o zinco (116,26 mg/kg) e o manganês (113,93 mg/kg) se destacam com maiores concentrações; o boro (18,73 mg/kg) e o cobre (21,71 mg/kg) como os micronutrientes com menor concentração, teores significativos de minerais importantes na dieta humana. É considerado um fruto rico em ferro, cálcio e fósforo (BARQUERO; MADRIGAL, 2010; GARCÍA-CRUZ et al., 2013). Além disso, o teor elevado de cálcio pode indicar maior resistência dos frutos após a colheita (CORDEIRO et al., 2015). Como descrito, a polpa da pitáia se apresenta como uma importante fonte de minerais, no entanto, a biodisponibilidade, fator relevante no que concerne à capacidade de absorção pelo organismo, ainda necessita ser avaliada. Valores devem ser considerados números aproximados, uma vez que os conteúdos minerais variam de acordo com a espécie, local de cultivo e estado fisiológico do tecido (STINTZING; CARLE, 2005).

2.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de frutas e legumes é benéfico para a saúde humana (WANG et al., 2017) e o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Neste contexto, observa-se aumento no consumo de frutas em todo o mundo, devido ao valor nutritivo e à presença de fitoquímicos que possuem atividade antioxidante e podem estar relacionados ao retardo do envelhecimento e à prevenção de doenças (WOLFE et al., 2008).

Existe evidência científica sobre o papel do consumo de frutas e vegetais em diminuição no risco de doenças cardiovasculares, redução do risco de desenvolver diabetes e certos tipos de câncer (ROHIN et al., 2009; SONG et al., 2016), estando relacionados ao retardo do envelhecimento e à prevenção de doenças (WICHIENTHOT et al., 2010), devido às suas propriedades terem ação na redução do estresse oxidativo (WOLFE et al., 2007). Tais propriedades têm sido atribuídas à presença de minerais, fibras alimentares e fitoquímicos

com ação antioxidante, dentre os quais se destacam os compostos bioativos como os fenólicos, vitamina C, flavonoides e as betalaínas.

As formas mais comuns de radicais livres, que causam estresse oxidativo imposto pelos reativos de oxigênio (ROS), incluem radical superóxido, peróxido de hidrogênio, radical livre hidroxilo, oxigênio singuleto e óxido nítrico, que tem actividades biológicas significativamente elevadas *in vivo* e *in vitro* (FU et al., 2011). No combate aos ROS, dois sistemas antioxidantes atuam concomitantemente, estes constituídos por componentes enzimáticos e não enzimáticos. O enzimático é o primeiro a agir, evitando o acúmulo de anion radical superóxido e de peróxido de hidrogênio (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Entretanto, os componentes celulares não são protegidos totalmente por antioxidantes endógenos, tornando os antioxidantes obtidos pela alimentação indispensáveis para a defesa do organismo e manutenção da saúde (CERQUEIRA et al., 2007), sendo o consumo de frutas nutricionalmente importante para fornecer antioxidantes exógenos para eliminar o excesso de ROS no corpo (RUFINO et al., 2010), o que torna cada vez maior a busca a produtos com propriedades antioxidantes.

Assim, aumento no consumo de alimentos antioxidantes, que podem eliminar radicais livres, pode ser uma estratégia para prevenir o surgimento de doenças (WOLFE et al., 2007; FU et al., 2011), sendo a pitáia uma alternativa, por se apresentar como fonte importante de fitoquímicos, tais como polifenóis, flavonoides e vitamina C, relacionados à sua atividade antioxidante (SONG et al., 2016), o que sugere a pitáia com potencial para uso como fonte de ingredientes funcionais que atuam proporcionando melhoria no bem-estar físico e mental dos consumidores (WICHIENTHOT et al., 2010).

As vitaminas são micronutrientes indispensáveis à saúde humana, facilmente encontradas em produtos de origem vegetal, normalmente em baixas concentrações, com exceção de algumas frutas tropicais (RUFINO et al., 2010). A vitamina C é um excelente antioxidante e é utilizada como índice de qualidade dos alimentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo desejáveis frutos com teores mais elevados, devido aos seus inúmeros benefícios à saúde. A maioria das cactáceas apresenta pouco conteúdo de ácido ascórbico (VAILLANT et al., 2005; BELTRÁN-OROZCO et al., 2009; CARDOSO, 2011), entretanto Esquivel et al. (2007a) relatam, para diferentes genótipos de pitáia do gênero *Hylocereus*, valor de até 54 mg/100 g, tendo destaque a variedade de polpa vermelha (BARQUERO; MADRIGAL, 2010; CHOO; YONG, 2011; ABREU et al., 2012), na qual 100 g de polpa atenderiam às necessidades diárias de vitamina C para homens e mulheres adultos (45 mg/100 g).

Os compostos fenólicos compreendem larga faixa de substâncias que apresentam um anel aromático com, no mínimo, um grupo hidroxila. Representam um dos mais abundantes grupos de compostos encontrados na natureza e são de particular interesse na fisiologia pós-colheita em função do seu papel na coloração, sabor e aroma dos vegetais (VILAS BOAS, 2002). São considerados os antioxidantes mais ativos encontrados nos frutos (BARREIROS et al., 2006; FU et al., 2011), destacando-se os flavonoides que, quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonoides não-antocianinas. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, amplamente difundidas no reino vegetal e conferem as várias nuances de cores entre laranja, vermelho e azul encontradas em frutos, vegetais, flores, folhas e raízes (FRANCIS, 1989).

Os compostos fenólicos podem variar devido à variação ambiental e/ou diferença de fase de maturação dos frutos, podendo apresentar conteúdo variando de acordo com a espécie de pitaita, como observado para *S. megalanthus* (12,31 mg/100 g), *S. setaceus* (15,81 mg/100 g), *H. undatus* (11,56 a 17,28 mg/100 g), *H. costaricensis* (23,15 mg/100 g) (LIMA et al., 2013) pitaitas oriundas de Planaltina-DF. Diferenças também podem ser observadas quando ela é comparada à espécie *H. polyrhizus*: 24,22 mg/100 g (CHOO; YONG, 2011) e 42,4 mg/100 g (WU et al., 2006), oriundos da Malásia e Taiwan, respectivamente. García-Cruz et al. (2016) mencionam variação de compostos fenólicos de 53,59 a 70,77 mg/100 g, com destaque para pitaita vermelha, em frutos oriundos do México. As condições de armazenamento também influenciam no conteúdo de fenólicos, decorrente de diversos fatores, como consumo de compostos por processos bioquímicos e de degradação (SANTOS et al., 2016).

Apesar da coloração vermelho-púrpura em pitaita *H. polyrhizus*, o que indicaria elevado conteúdo de antocianinas presente no fruto, o mesmo não está presente. A ausência de antocianinas em pitaita vermelha é atribuída a cor característica à presença de betalaínas, pigmento solúvel em água que proporciona cores vermelhas e amarelas à grande variedade de flores e frutos (WU et al., 2006), responsáveis pela sua coloração (TZE et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Estas duas classes de substâncias não ocorrem juntas em uma mesma espécie (ZAINOLDIN; BABA; 2009; AZEREDO, 2009). Conteúdo de antocianinas presente em pitaita é inferior ao presente em acerola (*Malpighia glabra* L.) (18,9 mg/100 g) (RUFINO et al., 2010), açaí (*Euterpe oleracea*) (21,23 mg/100 g) e morango (*Fragaria* spp) (21,69 mg/100 g) (TEIXEIRA et al., 2008).

As betalaínas são classificadas em dois grupos, as betacianinas e as betaxantinas, que proporcionam as cores vermelha e amarela, respectivamente (STINTZING et al., 2004;

GARCÍA-CRUZ et al., 2016). A natureza produz uma variedade de compostos com propriedades benéficas à saúde, cujas propriedades antioxidantes estão sendo amplamente estudadas. Betalaínas, devido à sua relativa escassez na natureza, não foram muito exploradas como compostos bioativos, mas alguns estudos têm indicado seu potencial como pigmentos antioxidantes (AZEREDO, 2009), estando correlacionadas com as betacianinas e betaxantinas (STINTZING et al., 2004), comportamento também observado por Beltrán-Orozco et al. (2009) e Wu et al. (2006) que atribuíram a atividade antioxidante às betalaínas.

Pitaia pode exibir maiores concentrações de betalaínas do que outros frutos de cactos (GÁRCIA-CRUZ et al., 2013), é uma das quatro classes de pigmentos vegetais utilizados comercialmente como colorantes naturais em alimentos (ESQUIVEL; QUESADA, 2012), sendo influenciada pelo aumento de pH, temperatura e luz que atuam acelerando a degradação de betacianinas (RESHMI et al., 2012; PRIATNI; PRADITA, 2015; SÁNCHEZ-CHÁVEZ et al., 2015). García-Cruz et al. (2013) obtiveram conteúdo de 28,6 a 47,0 mg/100 g em pitaia vermelha e laranja, respectivamente; conteúdo de 32 a 41 mg/100 g por Vaillant et al. (2005) para diferentes cultivares de pitaia e, por sua vez, conteúdo de 67,0 a 80,1 mg/100 g por Castellar et al. (2003) para espécies de *Opuntia*.

Quanto aos flavonoides, a pitaia vermelha contém maior conteúdo quando comparadas à branca: em ambas as espécies, a maior concentração está presente na casca do fruto (KIM et al., 2011). Lima et al. (2013) mencionam variação no teor de flavonoides de 0,88 mg/100 g (*S. megalanthus*) a 6,03 mg/100 g (*H. costaricensis*) em polpa de frutos e espécies comerciais e nativas de pitaia no Brasil, sendo a espécie *H. costaricensis* que se destaca com maior conteúdo de flavonoides amarelos, diferenciando-se significativamente das demais espécies. Conteúdo de flavonoides de 7,21 mg/100 g para *H. polyrhizus* foi reportado em frutos cultivados em Taiwan (WU et al., 2006).

Dentre os métodos mais utilizados para determinação da capacidade antioxidante em frutas, destacam-se o ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), também denominado TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Activity), em virtude de ser um método que apresenta estabilidade, facilidade de manipulação e simplicidade de procedimento (RUFINO et al., 2007). O método baseado na habilidade dos antioxidantes de captura em longo prazo do cátion radical ABTS^{•+} produz decréscimo na absorbância a 734 nm, que é lida a partir da mistura do radical com o antioxidante em diferentes tempos, sendo representada graficamente (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006). A curva gerada pela inibição da absorbância é calculada, sendo que os resultados são interpolados na curva de calibração e expressos em atividade antioxidante equivalente a 1 µM

do Trolox (composto sintético, análogo da vitamina E, porém hidrossolúvel) (RE et al., 1999; RUFINO et al., 2007).

Abreu et al. (2012), ao avaliarem AAT pelo método do sistema betacaroteno/ácido linoléico, relatam que a pitáia possui alta capacidade antioxidante, que pode estar associada ao alto teor de betacianinas presente na pitáia de polpa vermelha (WU et al., 2006). Valores de ATT de 2,18 μmol de Trolox/g foram obtidos por Fu et al. (2011) para pitáia coletados em supermercado na China; de 28,3 μmol de Trolox/g por Wu et al. (2006) para frutos oriundos de Taiwan; de 11,0 μmol trolox/g para pitáia vermelha, 16,8 μmol trolox/g para amarela e 17,3 μmol trolox/g para branca por Beltrán-Orozco et al. (2009), e variação de 24,5 a 36,1 $\mu\text{mol}/100$ g por Esquivel et al. (2007b). Contudo, a AAT em pitáia é considerada moderada a alta, importante fonte de fitoquímicos (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; SONG et al., 2016), que, combinados com outros alimentos vegetais, têm uma variedade de mecanismos de ação, incluindo efeitos sobre a atividade antioxidante, captura de radicais livres e infecção (WOLFE et al., 2008; FU et al., 2011), benéfico para a saúde humana (WANG et al., 2017).

2.4 Armazenamento

Para que o fruto de uma determinada espécie seja colocado no mercado, é necessário caracterizar as transformações que ocorrem naturalmente após a colheita (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Quando se pretende atingir o mercado externo, como é o caso da pitáia, é necessária a utilização de tecnologias pós-colheita para prolongar a vida útil.

O uso da refrigeração é uma das tecnologias mais eficientes e utilizadas para prolongar a vida útil pós-colheita dos frutos, por reduzir a intensidade dos seus processos metabólicos, o que favorece a redução do murchamento dos frutos, tornando-os mais atraentes por maior tempo. Os frutos da pitáia apresentam aparência muito atraente, entretanto, na maioria dos mercados finais que vendem esses frutos, a aparência é comprometida, principalmente devido ao murchamento (MIZRAHI, 2014).

Por apresentar características de fruto tropical, as condições de armazenamento devem ser adequadas para tal, pois a maioria não tolera exposição a temperaturas abaixo de 10 °C (EL-RAMADY et al., 2015). Trabalhos incluem a pitáia dentro do grupo dos frutos não climatérios (NERD; MIZRAHI, 1999; LI et al., 2017), que atingem a melhor qualidade quando colhidos maduros (FREITAS; MITCHAM, 2013).

A manipulação e armazenamento corretos dos frutos contribuem para a manutenção da sua qualidade, armazenamento da pitáia em temperaturas acima de 20 °C conduzem a

mudanças nas características, sendo indicada manutenção em temperaturas de 14 °C ou abaixo para retardar a ocorrência destas alterações (OBERLAND et al., 2016). Tais mudanças decorrentes de processos de reações bioquímicas, oxidação e degradação de compostos de interesse ocorrem, levando à senescência dos frutos (SANTOS et al., 2016), processos intensificados durante a pós-colheita e armazenamento (LI et al., 2017). Segundo Mizrahi (2014), a temperatura mínima para armazenar pitaia é de 10 °C, uma vez que são sensíveis a danos por frio. Alguns clones podem ter uma vida de prateleira de 26 dias, sendo estes 21 dias a 10 °C seguido por cinco dias a 20 °C. Por outro lado, frutos armazenados a 6 °C e transferidos para ambiente a 20 °C são suscetíveis a danos por frio (NERD et al., 1999).

O armazenamento de pitaia em condições ambiente ocasiona uma rápida perda de qualidade dos frutos, que se deterioram rapidamente (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). O armazenamento de pitaia em condições ideais pode estender-se a quatro semanas, quando mantida a uma temperatura entre 4 e 6 °C e umidade relativa entre 80 e 85% (BARQUERO; MADRIGAL, 2010). A melhor temperatura de armazenamento para a fruta da pitaia (*H. undatus*) cultivada na Califórnia foi de 5 °C (FREITAS; MITCHAM, 2013); em São Paulo, sob temperaturas de 8 e 13 °C a vida útil da pitaia pode ser estendida até 25 dias e a temperatura de 21 °C por até cinco dias (BRUNINI; CARDOSO, 2011). Por sua vez, frutos oriundos do Vietnã, armazenados por três semanas a temperatura de 5 °C apresentaram pouca perda de sabor e com qualidade externa aceitável (HOA et al., 2006). A suscetibilidade dos frutos ao frio está ligada, dentre outros fatores, à espécie, a condições edafoclimáticas do lugar onde foram produzidas e que frutos produzidos em condições tropicais são mais sensíveis ao armazenamento em temperaturas abaixo de 10 °C (EL-RAMADY et al., 2015).

Contudo, até o momento, são desconhecidos dados sobre o comportamento e vida útil pós-colheita da pitaia, espécie *H. polyrhzius*, oriundas do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. A produção da região é destinada para grande região de Fortaleza-CE, Mossoró-RN e São Paulo-SP, sendo transportada aproveitando a cadeia de frio do melão e mamão, bem estabelecidos na região, que normalmente utilizam temperaturas que variam de 10 a 13 °C.

REFERÊNCIAS

- ABDI, N.; MIZRAHI, Y. Effects of methyl bromide and storage time on postharvest behavior of three different cultivars of pitaya fruit. **Israel Journal of Plant Sciences**, Rishon LeZion, v. 60, n. 3, p. 319-324, 2012.
- ABREU, W. C.; 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 (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.
- AGUIAR, T. M.; SABAA-SRUR, A. U. O.; SAMICO, G. F. Potencial nutritivo e características físicas e químicas do abajeru. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 10-52, 2011.
- ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; FREIRE, R. M. M.; VALENÇA, A.R. Caracterização física e físico-química de frutos do mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 15-20, 2009.
- ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 561-564, 2009.
- AZEREDO, H. Betalains: properties, sources, applications, and stability—review. **International Journal of Food Science & Technology**, Christchurch, v. 44, n. 12, p. 2365-2376, 2009.
- BAKAR, J.; MUHAMMAD, S.; KHARIDAH, S.; HASHIM, D. M. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 18, n. 1, p. 279-286, 2011.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113, 2006.
- BARQUERO, M. E. G.; MADRIGAL, O. Q. Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. **Tecnología en Marcha**, Cartago, v. 23, n. 2, p. 14-24, 2010.
- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. D.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya ‘vermelha’ por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.
- BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.
- BELTRÁN-OROZCO, M. C.; OLIVA-COBA, T. G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red,

cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). **Agrociencia**, Texcoco, v. 43, n. 2, p. 153-162, 2009.

BLEINROTH, E. W. **Tecnologia de pós-colheita de frutos tropicais**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1992.

BRITTON, N. L., ROSE, J. N. **The Cactaceae**: Descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. Dover publications: New York, USA, 1963.

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

CAMPOS-ROJAS, E.; PINEDO-ESPINOZA, J. M.; CAMPOS-MONTIEL, R. G.; HERNÁNDEZ-FUENTES, A. D. Evaluación de plantas de pitaya (*Stenocereus* spp) de poblaciones naturales de Monte Escobedo, Zacatecas. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, Texcoco, v. 17, n. 3, p. 173-182, 2011.

CANAL RURAL. RS: produtores apostam no cultivo da pitaya. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/hortifruti/produtores-apostam-cultivo-pitaya-61691>>. Acesso em: 09 dez. 2016.

CASTELLAR, R.; OBÓN, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

CASTILLO-MARTÍNEZ, R.; LIVERA-MUÑOZ, M.; MÁRQUEZ-GUZMÁN, G. J. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Agrociencia**, Texcoco, v. 39, n. 2, p. 183-194, 2005.

CAVALCANTE, Í. H. L. **Pitaya**: propagação e crescimento de plantas. 2008. 94f. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

CAVALCANTE, I. H. L.; MARTINS, A. B. G.; SILVA JUNIOR, G. B.; ROCHA, L. F. D.; FALCÃO NETO, R.; CAVALCANTE, L. F. Adubação orgânica e intensidade luminosa no crescimento e desenvolvimento inicial da pitaya em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 970-982, 2011.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: UNICAMP, 2003.

CEJUDO-BASTANTE, M. J.; HURTADO, N.; DELGADO, A.; HEREDIA, F. J. Impact of pH and temperature on the colour and betalain content of Colombian yellow pitaya peel (*Selenicereus megalanthus*). **Journal of Food Science and Technology**, Amritsar, v. 53, n. 5, p. 2405-2413, 2016.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, M. A.; MELLO, S.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; DIAS, C. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 4, p. 590-583, 2007.

CENCI, S. A. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. In: NASCIMENTO NETO, FENELON. (org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, p. 67-80.

CHEAH, L. S.; WAN, M. Zulkarnain. Status of pitaya cultivation in Malaysia. In: **Seminar on Pitaya Production, Market and Export-Challenges and Prospects**, v. 20, oct. 2008.

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

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, Tóquio, v. 2, n. 3, p. 418-25, 2011.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M. D.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. D. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

CRANE, J. H.; BALERDI, C. F. **Pitaya growing in the Florida home landscape**. Orlando: IFAS Extension of University of Florida, 2005.

CRISTOFOLI, N. L.; LIMA, C. A. A.; MOTA, A. M.; PEIXOTO, N. M.; LIMA, J. S. S.; SILVA, F. M. R.; VASCONCELOS, L. B. T.; FIGUEIREDO, R. W. Pitaia (*H. costaricensis*): um fruto com características atrativas para a indústria de processamento. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 2974-2979, 2015.

CREMASCO, J. P. G.; MATIAS, R. G. P.; SILVA, D. F. P.; OLIVEIRA, J. A. A.; BRUCKNER, C. H. Qualidade pós-colheita de oito variedades de pêssego. **Comunicata Scientiae**, Picos, v. 7, n. 3, 2016.

CRUZ, J. A. M.; RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.; ORTIZ-PÉREZ, R.; FONSECA-FLORES, M. D. L. Á.; RUÍZ HERRERA, G.; GUEVARA-ERNÁNDEZ, F. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 36, p. 67-76, 2015.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes decompostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

EL-RAMADY, H. R.; DOMOKOS-SZABOLCSY, É.; ABDALLA, N. A.; TAHA, H. S.; FÁRI, M. Postharvest management of fruits and vegetables storage. In: **Sustainable agriculture reviews**, Springer International Publishing, 2015. p. 65-152.

ENCISO, T. O.; ZAZUETA, M. E. I.; RANGEL, M. D. M.; TORRES, J. B. V.; ROMERO, M. V.; VERDUGO, S. H. Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 34, n. 1, p. 63-72, 2011.

ESQUIVEL, P.; QUESADA, Y. A. Pitahaya (*Hylocereus* sp.): fruit characteristics and its potential use in the food industry. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 3, n. 1, p. 113-129, 2012.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Comparison of morphological and chemical fruit traits from different pitaya genotypes (*Hylocereus* sp.) grown in Costa Rica. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, San Pedro, v. 81, p. 7-14, 2007a.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes. **Zeitschrift für Naturforschung**, Tübingen, v. 62, n. 9-10, p. 636-644, 2007b.

FRANCIS, F. J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 28, p. 273-314, 1989.

FREITAS, S. T.; MITCHAM, E. J. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 257-262, 2013.

FU, L.; XU, B. T.; XU, X. R.; GAN, R. Y.; ZHANG, Y.; XIA, E. Q.; LI, H. B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, London, v. 129, n. 2, p. 345-350, 2011.

GARCIA-AMOEDO, L. H.; ALMEIDA-MURDIAN, L. B. Comparação de metodologias para a determinação de umidade em Geléia Real, **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 676-679, 2002.

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**, Irapuato, v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; LUNA-MORALES, D. C. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, 2016.

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical Composition and Antioxidant/Antidiabetic Potential of Brazilian Native Fruits and Commercial Frozen Pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 8, p. 4666-4674, 2010.

HA, D.; TRAN; YEN, C. R. Morphological Characteristics and Pollination Requirement in Red Pitaya (*Hylocereus* spp.). **World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**, v. 8, n. 3, p. 202-206, 2014.

HERBACH, K. M.; ROHE, M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Structural and chromatic stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [Weber] Britton & Rose) betacyanins as affected by the juice matrix and selected additives. **Food Research International**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 667-677, 2006.

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**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 62-69, 2006.

HUAN, C.; HAN, S.; JIANG, L.; AN, X.; YU, M.; XU, Y.; YU, Z. Postharvest hot air and hot water treatments affect the antioxidant system in peach fruit during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 126, p. 1-14, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

JERÔNIMO, M. C.; ORSINE, J. V. C.; BORGES, K. K.; NOVAES, M. R. C. G. Chemical and Physical-Chemical Properties, Antioxidant Activity and Fatty Acids Profile of Red Pitaya [*Hylocereus Undatus* (Haw.) Britton & Rose] Grown In Brazil. **Journal of Drug Metabolism & Toxicology**, v. 6, n. 4, p. 1-6, 2015.

JUNQUEIRA, K. P. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. (Documentos, 62)

KADER, A. A. Quality assurance of harvested horticultural perishables. In: **IV International Conference on Postharvest Science 553**. 2001. p. 51-56.

KIM, H.; CHOI, H. K.; MOON, J. Y.; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of Food Science**, Raleigh, v. 76, n. 1, p. C38-C45, 2011.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002.

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

LI, X.; LONG, Q.; GAO, F.; HAN, C.; JIN, P.; ZHENG, Y. Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 124, p. 1-7, 2017.

LIM, H. K.; TAN, C. P.; BAKAR, J.; NG, S. P. Effects of different wall materials on the physicochemical properties and oxidative stability of spray-dried microencapsulated red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed oil. **Food and Bioprocess Technology**, Cidade, v. 5, n. 4, p. 1220-1227, 2012.

LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). In: LOPES, J. F. **Cucurbitáceas**: informativo agropecuário. Belo Horizonte: [s.n.], 1982. p. 61-65.

LUCENA, C. M.; LUCENA, R. F. P.; COSTA, G. M.; CARVALHO, T. K. N.; COSTA, G. G. S.; ALVES, R. R. N.; PEREIRA, D. D.; RIBEIRO, J. E. S.; ALVES, C. A. B.; QUIRINO, Z. G. M.; NUNES, E. N.. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, Pollenzo, v. 9, n. 1, p. 62, 2013.

LUDERS, L.; MCMAHON, G. The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*). **Agnote**, v. 778, p. 42, 2006.

MAHATTANATAWEE, K.; MANTHEY, J. A.; LUZIO, G.; TALCOTT, S. T.; GOODNER, K.; BALDWIN, E. A. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 19, p. 7355-7363, 2006.

MARQUES, V. B.; MOREIRAI, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, F. O. R. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987, 2011.

MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. D. C. M. R.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaia vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 631-644, 2015.

MERTEN, Sven. A review of *Hylocereus* production in the United States. **J PACD**, v. 5, p. 98-105, 2003.

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

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaia-vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 762-766, 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; SILVA, F. O. R. Cultivo da pitaia: implantação. **Boletim técnico**, Lavras, n. 92, p. 1-16, 2012.

MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

NASCIMENTO, V. E.; MARTINS, A. B. G.; HOJO, R. H. Caracterização física e química de frutos de mamey. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 953-957, 2008.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste

daBahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 856-860, 2014.

NASCIMENTO, W. M. O.; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. S. P.; MULLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. Seleção de progênies de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 186-188, 2003.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

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

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

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-346, 1997.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of Vine and Columnar Cacti. In: NOBEL, P. S. (org.). **Cacti: biology and uses**. University of California Press, 2002. p.185-197.

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

OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.

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

OSORIO, S.; SCOSSA, F.; FERNIE, A. Molecular regulation of fruit ripening. **Frontiers Inplant Science**, Melbourne, v. 4, p. 198, 2013.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, São Paulo, v. 39, p. 791-800, 2006.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; NOBEL, P. S. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): an ancient and modern fruit crop of Mexico. **Economic Botany**, Fullerton, v. 48, n. 1, p. 76-83, 1994.

PRIATNI, S.; PRADITA, A. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **Procedia Chemistry**, v. 16, p. 438-444, 2015.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RESHMI, S. K.; ARAVINDHAN, K. M.; SUGANYADAVI, P. The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in basella alba fruit. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, Jaipur, v. 4, n. 3, p. 107-110, 2012.

ROHIN, M. A. K.; ABD HADI, N.; YUSOF, R. M.; RAHMAT, A.; MANSOR, S. M.; ALI, A. M.. Hypocholesterolemic effect of red pitaya (*Hylocereus* sp.) on hypercholesterolemia induced rats. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 16, n. 3, p. 431-440, 2009.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica**: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 996-1002, 2010.

RUI, H.; ZHANG, L.; LI, Z.; PAN, Y. Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 93, n. 4, p. 482-486, 2009.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, W.; CORTEZ-ARREDONDO, J.; SOLANO-CORNEJO, M.; VIDAURRE-RUIZ, J. Inética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 6, n. 2, p. 111-118, 2015.

SANTOS, M. R. P. V.; CASTRO, J. C.; MARDIGAN, L. P.; WATANABE, R.; CLEMENTE, E. Caracterização físico-química e enzimática de frutos de pitaya (*Hylocereus undatus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1: p. 2081-2095, 2016.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. D. C. A.; SATO, M. K.; SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 1, n. 2, p. 46-56, 2014.

SILVA, A. C. C.; CAVALLARI, L. L.; SABIÃO, R. R.; MARTINS, A. B. G. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, 2015.

SILVA, A. C. C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. D. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 1162-1168, 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SOLANO, J. P. L.; CANO, M. E. A.; HERNÁNDEZ, R. G. Diversidad genética en pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth. Britton y Rose). **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 28, n. 3, p. 179-185, 2005.

SONG, H.; ZHENG, Z.; WU, J.; LAI, J.; CHU, Q.; ZHENG, X. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food research**, Münster, v. 49, n. 2, p. 175-194, 2005.

STINTZING, F. C.; CONRAD, J.; KLAIBER, I.; BEIFUSS, U.; CARLE, R. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR and 2DNMR spectroscopy. **Phytochemistry**, France, v. 65, n. 4, p. 415-422, 2004.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Voçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TZE, N. L.; HAN, C. P.; YUSOF, Y. A.; LING, C. N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. **Food Science and Biotechnology**, Incheon, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.

VAILLANT, F.; VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, France, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005.

VILAS BOAS, E. V. B. **Qualidade de limentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

WALL, M. M.; KHAN, S. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **HortScience**, Virgínia, v. 43, n. 7, p. 2115-2119, 2008.

WALLACE, R.; GIBSON, A. C. Evolution and Systematics. In: NOBEL, P. S. (org.). **Cacti: biology and uses**. University of California Press, 2002. p. 1-22.

WANG, H.; GUO, X.; HU, X.; LI, T.; FU, X.; LIU, R. H. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food chemistry**, London, v. 217, p. 773-781, 2017.

WANITCHANG, J.; TERDWONGWORAKUL, A.; WANITCHANG, P.; NOYPITAK, S. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 100, n. 3, p. 409-416, 2010.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 23-38, 2014.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, London, v. 120, n. 3, p. 850-857, 2010.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, 2008.

WOLFE, K. L.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity (CAA) assay for assessing antioxidants, foods, and dietary supplements. **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, v. 55, n. 22, p. 8896-8907, 2007.

WU, L.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

YAH, A. R. C.; PEREIRA, S. S.; VELOZ, C. S.; SAÑUDO, R. B.; DUCH, E. S. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 60, p. 361-366, 2009.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). **Fruits and Nuts**, v. 9, s.n., p. 1-3, 2004.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL DA PITAIA (*Hylocereus polyrhizus*) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma caracterização física, química e nutricional da pitáia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) produzida no semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil. Os dados foram submetidos à análise descritiva, sendo expressos em valores médios \pm desvio padrão. As avaliações das características físicas foram realizadas com 12 repetições de dois frutos cada, totalizando 24 frutos. As demais avaliações com quatro repetições, de dois frutos cada. Os frutos foram colhidos totalmente maduros, em um pomar comercial localizado no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte-CE, semiárido brasileiro, e transportados para o laboratório onde foram selecionados e submetidos a análises físicas, físico-químicas e químicas, de compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS). A pitáia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) produzida semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil, possui bom rendimento de polpa (71,2%), firmeza (51,45 N), sólidos solúveis (13,18 °Brix), relação SS/AT (33,4), açúcares totais (7,94%) e redutores (7,56%) e baixa acidez (0,40 mg/100 g). Características físicas, químicas e nutricionais favorecem o consumo *in natura*, além de conteúdo significativo de minerais, dos quais se destacaram o manganês (1,95 g/kg), cálcio (1,33 g/kg), potássio (1,58 g/kg) e ferro (173,0 mg/kg), além dos compostos bioativos betacianinas (82,27 mg/100 g) e betaxantinas (113,15 mg/100 g), o que faz a pitáia ser considerada um fruto rico em nutrientes benéficos à saúde.

Palavras-chave: Cactaceae. Frutas exóticas. Atividade antioxidante. Fenólicos.

PHYSICAL, CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF DRAGON FRUIT (*Hylocereus polyrhizus*) FROM BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT

The aim of this work was to characterize the physical, chemical and nutritional attributes of red pulp dragon fruit (*H. polyrhizus*) produced in Brazilian Northeast Semi-Arid, Jaguaribe Valley-CE, Brazil. The data were submitted to descriptive analysis, being expressed in mean values \pm standard deviation. The physical characteristics evaluations were realized with twelve repetitions of couple fruits, totalizing 24 fruits; and remaining evaluations with four replicates, composed of two fruit each. The fruits were harvested at ripe stage, in a commercial orchard located in the irrigated perimeter Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte-CE, Brazilian semi-arid, and transported to the laboratory where they were selected and submitted to physical, physical-chemical and chemical analysis, bioactive compounds and antioxidant activity (ABTS). The red pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) produced in Brazilian Northeast semi-arid, Jaguaribe Valley-CE, Brazil, possessed high pulp yield (71.2%), pulp firmness (51.45 N), soluble solids (13.18 °Brix), SS/AT ratio (33.4) and total (7.94%) and reducing sugars (7.56%); and low acidity (0.40 mg/100 g). Physical, chemical and nutritional characterizations favors *in nature* consumption, furthermore, it shows a significant content of minerals, emphasizing manganese (1.95 g/kg), calcium (1.33 g/kg), potassium (1.58 g/kg) and iron (173.0 mg/kg), betacyanins (82.27 mg/100 g) and betaxanthines (113.15 mg/100 g), conferring to dragon fruit a rich nutrient pool that benefits health.

Key-words: Cactaceae. Exotic fruits. Antioxidant activity. Phenolics.

1 INTRODUÇÃO

A pitáia (*H. polyrhizus*) é uma fruta exótica que se caracteriza por apresentar casca vermelha e polpa vermelho-púrpura com inúmeras sementes, também conhecida por pitáia vermelha, pitahaya, red pitaya, dragon fruit, dentre outras (ZEE et al., 2004; LE BELLEC et al., 2006; ARIFFIN et al., 2009; CEJUDO-BASTANTE et al., 2016). É da família Cactaceae, distribuída por todo o continente americano, em regiões tropicais e temperadas, desde a costa da Flórida até o Brasil, com a maior diversidade de espécies no México (ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012).

O fruto apresenta alta demanda tanto no mercado nacional como internacional (MIZRAHI, 2014), por suas propriedades organolépticas (cor, sabor e aroma) e alto valor comercial, constituindo uma opção de espécie com o maior potencial para a produção e comercialização (CAMPOS-ROJAS et al., 2011; KIM et al., 2011; OBENLAND et al., 2016), pertencendo ao grupo de frutíferas consideradas promissoras para o cultivo (MOREIRA et al., 2012). Atualmente é cultivada e comercializada em mais de 20 países como uma nova alternativa para fruticultura (MIZRAHI, 2014).

No Brasil, o cultivo da pitáia é recente, teve início no Estado de São Paulo e atualmente nos Estados de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Pará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará existe cultivo da pitáia (BASTOS et al., 2006; NUNES et al., 2014; SATO et al., 2014). Na região da Chapada do Apodi, nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, Estado do Ceará, há plantio de aproximadamente 15 hectares da cultura (NUNES et al., 2014) e no Estado do Rio Grande do Norte, no município de Baraúna, cerca de 10 hectares com a espécie *H. undatos* e *H. polyrhizus* e, recentemente, a espécie *H. megalanthus* tem sido implantada em cerca de dois hectares.

Com a expansão e o aumento do consumo de pitáia, é necessário investigar o potencial nutricional e funcional das diversas espécies, especialmente aquelas com maior produção e comercialização (ABREU et al., 2012). As características físicas e químicas dos frutos são de grande importância para seu valor comercial, estão relacionadas com o aspecto visual e com o sabor do fruto (LIMA et al., 2014). Além disso, a presença de diversas substâncias antioxidantes na pitáia tem despertado o interesse nesse fruto devido ao potencial efeito benéfico dessas substâncias para a saúde humana (ABREU et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2013). De acordo com a espécie, podem apresentar características físicas e químicas diversificadas, influenciadas por diversos fatores, como as condições edafoclimáticas, tratamentos culturais, época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita (LIMA et al., 2013).

Algumas pesquisas demonstram que a pitiaia tem atividade anti-inflamatória, é uma fonte importante de fitoquímicos (SONG et al., 2016), minerais (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015), betalainas (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; LE BELLEC et al., 2006), dentre outros compostos bioativos (WU et al., 2006; LIMA et al., 2013) que estão relacionados à sua atividade antioxidante (CHOO; YONG, 2011; KIM et al., 2011; ABREU et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2016).

Apesar da grande potencialidade desse fruto, ainda são escassas as informações sobre a composição química e atividade antioxidante da pitiaia, principalmente das produzidas na região do semiárido brasileiro. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização física, química e nutricional da pitiaia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) produzida no semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras e instalação do experimento

Os frutos de pitaia, espécie *H. polyrhizus*, com casca (epicarpo) de cor vermelha e polpa vermelho-rosa (vermelho-púrpura), foram obtidos de um pomar comercial com três anos de implantação localizado no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, município de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil (05° 08' 62'' S e 37° 59' 55'' W), semiárido brasileiro. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é "BSwh", isto é, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). As condições climáticas da região correspondente aos meses reprodutivos à colheita (maio a agosto de 2014) foram: umidade relativa de 68,77%; temperatura média de 26,64 °C e precipitação de 59,80 mm (Estação meteorológica da UEPE – Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Tecnológica/Chapada do Apodi, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Limoeiro do Norte).

Os frutos foram colhidos manualmente, pela manhã, em estágio de maturação utilizado para comercialização (coloração da casca vermelha uniforme em todo o fruto), conforme normas da empresa. Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN. No laboratório, os frutos passaram por um processo de seleção, sendo descartados aqueles que apresentavam danos por cortes, abrasões, ataques de insetos ou animais.

Os frutos foram submetidos às avaliações físicas de qualidade, em seguida, a polpa, contendo as sementes, foi separada da casca (epicarpo) após corte transversal no fruto, de forma manual com auxílio de facas de aço inoxidável. A fração polpa (mesocarpo + sementes) foi homogeneizada em homogeneizador de tecidos tipo Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany), formando uma única amostra, acondicionadas em potes de plástico e armazenadas em freezer a - 23 °C para posteriores análises.

2.2 Características físicas

Para as análises físicas de qualidade, os frutos foram divididos em 12 repetições de dois frutos cada, totalizando 24 amostras.

Foi determinado o diâmetro longitudinal (mm), transversal (mm) e espessura de polpa (mm) utilizando um paquímetro digital (Shan, China); formato do fruto, obtido pelo cálculo da relação entre o diâmetro longitudinal e transversal, classificando-os em: comprimido ($RF < 0,9$), esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$), oblongo ($1,1 < RF \leq 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$) (LOPES, 1982); massa fresca do fruto (g) (utilizou-se balança analítica); rendimento de polpa (%) obtido por diferença entre a massa total do fruto e a massa da casca do mesmo; e teor de umidade (%) por gravimetria e constou da pesagem de 100 g da polpa em bandejas de alumínio previamente taradas e aquecidas em estufa a 105 °C até peso constante, segundo Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2002).

A coloração da casca e polpa foi expressa em L (luminosidade – brilho, claridade ou refletância), C* (croma – saturação ou intensidade da cor) e °h (ângulo hue – tonalidade) (Commission Internationale de L'Eclairage) (MINOLTA, 2007), com auxílio de um colorímetro digital de bancada (CR-410, Minolta®). As leituras na casca foram determinadas aleatoriamente em dois pontos equidistantes na região equatorial e para a coloração da polpa, após corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas.

A firmeza do fruto e da polpa foi determinado utilizando o texturômetro *Texture Analyser*®, modelo TA.XTEpress/TA.XT2icon (*Stable Micro Systems Ltd.*, Surrey, Inglaterra) com célula de carga de 10 kg. Utilizou-se probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 6 mm (modelo P/6), as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 2 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, e distância de penetração de 30 mm. Foram realizadas duas medições equidistantes uma em cada região equatorial do fruto e para polpa, após corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.3 Características físico-químicas e químicas

As análises físico-químicas e químicas foram realizadas a partir de quatro repetições de dois frutos cada.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de potenciômetro de leitura direta (Modelo mPA-210 Tecnal®, Brasil) devidamente padronizado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0 (AOAC, 2002), em alíquotas de 5 g da polpa diluída em 50 mL de água destilada. Após a estabilização dos resultados, os dados foram expressos em valores reais pH (AOAC, 2002). A acidez titulável (AT) foi determinada por procedimento eletrométrico, utilizando-se 5 g da polpa transferida para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água, em seguida realizando a titulação com solução de NaOH 0,1 N, até atingir pH de 8,2 (AOAC, 2002), usando um titulador automático (Titrette® modelo Class A precision by BRAND, USA), sendo os resultados expressos em mg de ácido málico/100 g de polpa. Os sólidos solúveis foram determinados com o suco homogeneizado da polpa após ser filtrada em tecido tipo organza em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan) (AOAC, 2002). Os resultados foram expressos em porcentagem (%); e a relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) (Vetec, Brasil), conforme Yemn e Willis (1954), a partir de 0,5 g das amostras para obtenção do extrato, deste tomada uma alíquota de 100 µL para realização das leituras em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) a 620 nm, sendo os resultados expressos em porcentagem (%). Os açúcares redutores pelo método de DNS, segundo Miller (1959); o extrato foi obtido da diluição de 1 g da polpa, dos quais tomou-se 0,45 mL e a este volume adicionou-se 1,05 mL de água destilada e 1 mL de ácido dinitrosalicílico (ácido 3,5-dinitro salicílico - DNS, Vetec, Brasil) a 1%, procedendo-se à reação em banho-maria a 100 °C por 5 minutos e resfriadas em banho de gelo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em porcentagem (%).

O amido foi determinado conforme metodologia proposta por Silva (1981). Amostra de 5 g foi diluída em 50 mL de água destilada e centrifugada, durante 5 minutos, por três vezes, a 10.000 rpm, com o descarte do sobrenadante. Ao resíduo, foram adicionados 50 mL de água destilada e 2,5 mL de ácido clorídrico 37% P.A (Vetec, Brasil). O preparo foi mantido em fervura durante 2 h, sob refluxo; em seguida, foi resfriado e neutralizado com solução de carbonato de sódio a 20%; filtrou-se para balão volumétrico de 250 mL, completando-o com água destilada, transferiu-se alíquota do extrato variando de 0,15 diluído para tubo de ensaio e completando-os para 1,5 mL com água destilada, posteriormente foi adicionando 1 mL de solução de ácido dinitrosalicílico (DNS) a 1%, seguido da agitação,

procedendo-se à reação em banho-maria a 100 °C por cinco minutos e imediatamente resfriados em banho de gelo. O volume das amostras foi completado para 10 mL (adicionou 7,5 mL de água destilada), as leituras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados obtidos foram multiplicados pelo fator 0,90 para a determinação do amido em porcentagem (%).

Para determinação de sacarose, glicose e frutose foi utilizada a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC analítico – modelo Alliance e2695, Waters), acoplado a um detector de índice de refração segundo metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (CORRÊA et al., 2013). Para o desenvolvimento do método, foram utilizados padrões de frutose, glicose e sacarose, com pureza superior a 99%. As amostras foram centrifugação a 10.000 RPM por 5 minutos (a 15 °C), retirando-se o sobrenadante com uma seringa; posteriormente evaporadas utilizando-se um concentrador e ressuspendidas em 10 mL com água ultrapura. Após a filtração em membrana de 0,45 µm, foi realizada a injeção em cromatógrafo líquido de alta eficiência, acoplado a um detector de índice de refração. Para a separação, foi empregada uma coluna Hi-Plex, tipo exclusão molecular, modelo PL Hi-Plex H 8µm Agilent, dimensões Technologies 300 x 7,7 mm. Como fase móvel, foi utilizada água ultrapura, com fluxo isocrático de 0,6 mL/min e temperatura do forno de 35 °C; sendo injetados 10 µL de solução dos padrões e amostras em detector Refractive Index Detector (IR), 2414, Waters.

A proteína foi determinada pelo método de Kjeldahl (SILVA, 2009), sendo utilizado o fator 6,25 para calcular o teor protéico, sendo os resultados expressos em porcentagem (%); os lipídios foram determinados por extração direta em Soxhlet por 4 a 6 horas utilizando 2 g da fração comestível em cartucho extrator preparado com papel Whatman n° 1, de acordo com metodologia de análise de alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002), resultados foram expressos em porcentagem (%) e as cinzas foram determinadas por processo gravimétrico, por meio da carbonização de 2 g das amostras, seguida de incineração em mufla a 550 °C por aproximadamente 4 horas, conforme metodologia de análise de alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002), sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

Para a quantificação dos minerais, utilizou-se o material vegetal da determinação da umidade triturados em moinho tipo willey tela 2 mm. Utilizou-se 0,5 g da matéria seca para determinação do nitrogênio, quantificado pelo método Kjeldahl em extrato sulfúrico, potássio e sódio por fotometria de emissão de chama (modelo DM-62), e fósforo por espectrofotometria (modelo SP 1105 – BEL photonics); o Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, após digestão com ácido nítrico em micro-ondas digestor de matéria orgânica modelo CEM II

MARSXPRESS (série MD3113), utilizando 0,4 g da matéria seca, foram lidos em equipamento de absorção atômica modelo AA 240 FS versão 5.1 (SILVA, 2009).

2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT)

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução de 2,6 diclorofenol-indofenol 0,02%, conforme metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Utilizou-se 1 g das amostras e diluídos para balão volumétrico de 100 mL com ácido oxálico 0,5%, 5 mL desta solução foi diluída em água destilada até 50 mL e realizada a titulação em seguida, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de matéria fresca (MF).

Antocianinas totais e flavonoides amarelos foram determinados segundo Francis (1982). Amostras de 1 g foram misturadas a 50 mL da solução extratora (etanol 95 % - HCl 1,5 N na proporção 85:15), homogeneizadas por 2 minutos em Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany) e armazenada a 4 °C por 12 horas. A solução foi filtrada em papel Whatman n° 1 em frascos âmbar e as leituras realizadas em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) com comprimento de onda de 374 nm para flavonoides com coeficiente de absorção de 76,6 mol/cm e 535 nm para as antocianinas com coeficiente de absorção de 98,2 mol/cm, sendo os resultados expressos em mg/100 g MF.

Para determinação do conteúdo de betacianinas e betaxantinas, utilizou-se extratos preparados a partir da homogeneização por 30 min e filtrados de 1 g da polpa e 10 mL dos solventes (água, etanol:água nas proporções 70:100 e 80:100). Utilizou-se o tampão citrato-fosfato 0,05 M pH 6,5 para diluição dos extratos, quando necessário, para que as leituras a 538 nm para betacianinas e de 480 nm para betaxantinas permanecessem entre 0,8 < A < 1,0 (STINTZING et al., 2003) e calculado conforme Schwartz e Von Elbe (1980) e Trezzini e Zrýd (1991).

2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT)

O procedimento desenvolvido por Larrauri et al. (1997) foi empregado e é descrito como se segue: 17,5 g das amostras foram pesadas em tubos de centrífuga e sequencialmente extraída com 10 mL de metanol/água (50:50, v/v) à temperatura ambiente durante 1 h. Os tubos foram centrifugados a 10.000 rpm por 20 min e o sobrenadante recuperado. Em seguida, adicionou-se 10 mL de acetona/água (70:30, v/v) ao resíduo, à temperatura ambiente, extraiu-se durante 60 min e centrifugou. Extratos de metanol e acetona foram misturados em balão

volumétrico, aferindo-se para 25 mL com água destilada. O extrato foi utilizado para determinar o conteúdo de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante.

Os polifenóis foram determinados por ensaio colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, conforme metodologia descrita por Obanda e Owuor (1997). As amostras foram submetidas à extração em metanol 50% e acetona 70%, tal como descrito por Larrauri et al. (1997). A determinação foi executada utilizando alíquotas de 150 µL dos extratos em tubos de ensaio e a eles foram adicionados 850 µL de água destilada, 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador de tubos (QL – 901, Vortex®) e deixadas em repouso durante 30 min no escuro. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 700 nm, utilizando a curva padrão de ácido gálico 98% (doseada em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 µg). Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (GAE) mg/100 g MF.

2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS^{•+}

A atividade antioxidante total (TAA) foi determinada utilizando 2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid radical cation (ABTS^{•+}, Sigma), método descrito por Re et al. (1999). Antes do ensaio colorimétrico, as amostras foram submetidas a um procedimento de extração em metanol 50% e acetona 70% (LARRAURI et al., 1997). O radical ABTS^{•+} foi gerado por meio da reação da solução ABTS 7 mM com 140 mM de persulfato de potássio, deixando no escuro à temperatura ambiente durante 16 h. Uma vez formado o radical ABTS^{•+}, diluiu-se com etanol até obter um valor de absorvância de 700 nm ± 0,05 a 734 nm. A leitura espectrofotométrica foi feita após 6 min a partir da mistura de 30 µL de extrato com três mL do radical ABTS^{•+}, utilizando o antioxidante sintético Trolox na concentração de 100 - 2000 µM em etanol para preparar a curva de calibração. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g MF.

2.6 Análise estatística

Para os dados obtidos, foram determinados os valores médios e desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas

Os resultados das características físicas dos frutos estudados podem ser observados na Tabela 1, apresentando valores médios para massa fresca, diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) de 459,99 g, 100,07 e 94,25 mm, respectivamente. Valores semelhantes ao obtido em pitaia de mesma espécie produzidas em Janaúba-MG, região semiárida (CORDEIRO et al., 2015), e superiores para diferentes cultivares de *Hylocereus* sp oriundos da America Central (VAILLANT et al., 2005). Para o mercado nacional de frutas frescas, os frutos de maior tamanho são mais atrativos aos consumidores; entretanto, para importação, os consumidores preferem frutos de menor peso e, conseqüentemente, de menor tamanho. Pitaia com 350 a 700 g está dentro do aceitável para exportação (WOOLF et al., 2006).

Tabela 1. Características físicas da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

Características	Média ¹	± DP
Massa (g)	459,99	83,81
Diâmetro longitudinal - DL (mm)	100,07	3,12
Diâmetro transvesal - DT (mm)	94,25	2,56
Relação DL/DT	1,06	0,02
Espessura de casca (mm)	3,47	0,41
Rendimento de casca (%)	28,80	3,48
Rendimento de polpa (%)	71,20	3,48
Firmeza do fruto (N)	51,45	12,58
Firmeza de polpa (N)	2,88	0,27

¹Valores expresso em média ± desvio padrão (n = 12).

Uma variação entre 92 a 640 g para massa fresca pode ser observada em diferentes espécies de pitaia (HOA et al., 2006; LE BELLEC et al., 2006; CAMPOS-ROJAS et al., 2011; SATO et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015), podendo alcançar até 900 g (NERD; MIZRAHI, 1997); e diâmetro longitudinal de 60 a 85 mm e transversal de 47,5 a 76 mm (VAILLANT et al., 2005; ESQUIVEL et al., 2007a; CAMPOS-ROJAS et al., 2011;

MOREIRA et al., 2011). O desenvolvimento dos frutos de pitaia vermelha é dependente diretamente das condições do local de cultivo (temperatura e precipitação), sendo menor em condições de maior temperatura e precipitação (SILVA et al., 2015), provavelmente o que favorece para os diferentes resultados (CORDEIRO et al., 2015).

Para formato do fruto, os valores obtidos de DL e DT e sua relação ($1,01 \pm 0,12$) indicam que a pitaia tem formato esférico ($0,9 \leq \text{relação} \leq 1,1$). Padrão de tamanho e formato da pitaia bem estabelecido dentro e entre a espécie favorece o estabelecimento de padrões de frutos para comercialização. Para pitaia, observamos frutos com formato esférico (VAILLANT et al., 2005; SATO et al., 2014), oblongo/ovóide (LE BELLEC et al., 2006; BARQUERO; MADRIGAL, 2010; CORDEIRO et al., 2015; MENEZES et al., 2015) e alongado/cilíndrico (ESQUIVEL et al., 2007a; CAMPOS-ROJAS et al., 2011).

Verificou-se para a espessura da casca valor médio de 3,47 mm, enquanto para amassa da casca foi observada uma média de 132,48 g, representando 28,8% da massa total dos frutos (Tabela 1). Estes resultados estão próximos aos verificados por Cordeiro et al. (2015), que observaram que a casca do fruto de pitaia *H. polyrhizus*, oriundo também do semiárido brasileiro, apresenta espessura de 2,9 mm e corresponde a 27,05% da massa fresca total dos frutos.

A pitaia apresenta bom rendimento de polpa (71,2%) (Tabela 1) quando comparada a outras cactáceas; característica interessante tanto para o consumo *in natura* como para o processamento de frutos frescos (ESQUIVEL et al., 2007a; CORDEIRO et al., 2015), sendo mais desejável na comercialização de frutos *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, constitui fator-chave a ser considerado para a escolha da matéria-prima ideal pela indústria de alimentos (MORZELLE et al., 2015). Rendimento de 71% para pitaia foi observado em frutos oriundos de Nicarágua (VAILLANT et al., 2005), 63,37% da Malásia (LIM et al., 2010); variação de 70,82 a 81,03% para frutos oriundos do Estado do Pará (SATO et al., 2014) e de 75,25% para a região semiárida de Minas Gerais, Brasil (CORDEIRO et al., 2015).

As pitaias apresentaram valores médios de firmeza do fruto de 51,45 N, ao passo que a da polpa foi de 2,88 N (Tabela 1), firmeza do fruto 94,4% maior quando comparadas ao da polpa, comportamento corroborado por Esquivel et al. (2007a) para diferentes genótipos de pitaia, em que observaram proporção acima de 92% para firmeza do fruto, estando esta característica correlacionada com a espessura da casca. A firmeza é um atributo de qualidade inerente ao produto (KADER, 2001) e um parâmetro crucial para o manejo pós-colheita, podendo observar valores de 6,16 N (MENEZES et al., 2015) e 6,3 N (YAH et al., 2008) para

polpa e de 92,84 N (BRUNINI; CARDOSO, 2011) e 44,31 N (CORDEIRO et al., 2015) para o fruto de pitáia de polpa branca e rosa, respectivamente.

Para a análise colorimétrica (Tabela 2), os frutos do presente trabalho apresentaram, em média, valores de cromaticidade, ângulo Hue e luminosidade de 36,01; °24,71 e 48,02, respectivamente; quanto à coloração da polpa, verificou-se para cromaticidade, ângulo Hue e luminosidade de 27,03; °1,07 e 27,26, respectivamente (Tabela 2), características de coloração semelhantes ao observado por Cordeiro et al. (2015), que verificaram valores médios de cromaticidade, ângulo hue e luminosidade para casca de 42,72; °15,73 e 42,41 e para polpa valores de 38,89; °172,00 e 14,25, respectivamente. Com base nos valores de cromaticidade (36,01), a casca do fruto do presente estudo possui menor saturação, tendendo para vermelho menos intenso do que citado por Cordeiro et al. (2015) (42,72). A polpa, por sua vez, apresenta tonalidade vermelha, tendendo à cor púrpura (roxa), que são as cores atribuídas a um leque de tons entre o vermelho e o azul, corroborando com dados da literatura para essa espécie (STINTZING et al., 2002; LE BELLEC et al., 2006; OBENLAND et al., 2016); característica importante para o estabelecimento do ponto de colheita e qualidade do fruto.

Tabela 2. Cromaticidade (C*), ângulo Hue (°H) e luminosidade (L*) da casca e polpa da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) oriundo do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

	Coloração	Média ¹	± DP
Casca	Cromaticidade (C)	36,01	5,38
	Ângulo hue (°H)	24,71	4,20
	Luminosidade (L*)	48,02	1,70
Polpa	Cromaticidade (C)	27,03	1,14
	Ângulo hue (°H)	1,07	0,99
	Luminosidade (L*)	27,26	0,59

¹Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 12).

A coloração do fruto constitui um importante atributo de qualidade. A tendência da cor vermelha encontrada para as polpas de pitaias pode ser considerada um interessante atrativo para seu uso como ingrediente em outros alimentos (SATO et al., 2014). Para *H. polyrhizus*, que tem uma polpa vermelho-púrpura, a acumulação de pigmentos de polpa

ocorre em paralelo com o desenvolvimento da coloração da casca (NERD et al., 2002), o que torna o fruto da pitaia muito atraente na aparência quando fresco.

3.2 Características físico-químicas e químicas

Pitaia apresenta baixa acidez (0,40 mg de ácido málico/100 g e pH de 4,64) (Tabela 3), característica corroborada por Abreu et al. (2012) (0,28 mg/100 g e pH de 4,88). Cordeiro et al. (2015) (0,29 mg/100 g e pH de 5,32) e Obenland et al. (2016) (0,16-0,51 mg/100 g) também observaram em outras espécies de pitaia (SILVA et al., 2011).

Tabela 3. Composição química da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

Análises	Média ¹	± DP
pH	4,64	0,18
Acidez titulável - AT (mg de ác. málico/100 g)	0,40	0,07
Sólidos solúveis totais - SS (°Brix)	13,18	0,26
Relação SS/AT	33,40	4,59
Açúcar total (mg/100 g)	7,94	0,63
Açúcar redutor (mg/100 g)	7,56	0,78
Frutose (g/L)	33,57	-
Glicose (g/L)	43,37	-
Sacarose (g/L)	6,39	-
Amido (mg/100 g)	0,66	0,04
Umidade (%)	85,97	1,24
Proteína (%)	1,07	0,27
Lipídeo (%)	1,94	0,35
Cinzas (%)	2,49	0,09

¹Valores expresso em média ± desvio padrão (n = 4).

Os sólidos solúveis, açúcares totais e redutores e o amido apresentaram, em média, teores de 13,18; 8,06; 7,53; 0,66%, respectivamente (Tabela 3). Pitaia com sólidos solúveis acima de 12 ou 13% tem um nível de açúcar aceitável para a maioria dos consumidores (WANITCHANG et al., 2010). Uma proporção de açúcar redutor alto (89,93%) em relação aos açúcares totais é característica desejável em frutos por serem os redutores os mais

importantes para conferir doçura ao produto. Dentre os açúcares presentes na polpa, destacaram-se a glicose (43,37 g/L) e a frutose (33,57 g/L) e, em menor proporção, a sacarose (6,39 g/L) (Tabela 3), comportamento observado em outros estudos (WALL; KHAN, 2008; WICHIENTHOT et al., 2010; OBENLAND et al., 2016), em que o conteúdo de glicose é maior em pitáia vermelha, ao passo que a frutose é maior em pitáia branca e o açúcar não redutor (sacarose) está em menor quantidade. Por sua vez, o teor de amido é considerado baixo (0,66%), corroborando com a literatura que menciona teores em torno de 1% quando completamente maduros (NERD et al., 1999; NERD; MIZRAHI, 1999).

Características de elevado teor de açúcares, associadas à baixa acidez, favorecem a pitáia para consumo *in natura* por proporcionar maior valor de relação SS/AT, podendo observar valores médios de 33,40 (Tabela 3), semelhantemente a diferentes genótipos de pitáia (10,93 a 35,20), entretanto, inferiores ao observado para variedade mexicana (83,06) e San Ignacio (40,9) (OBENLAND et al., 2016). Destaca-se quando comparadas a diferentes cultivares de acerola (4,22 a 7,45), goiaba ‘Paluma’ (18,87), ‘Rica’ (22,47) e ‘Pedro Sato’ (25,52) (BATISTA et al., 2015). Os valores das características de qualidade avaliadas no presente estudo se aproximam da espécie *H. undatus*, fruto de pitáia mais comercializado no mundo (ESQUIVEL et al., 2007a), o que pode favorecer a aceitabilidade da *H. polyrhizus* pelo consumidor.

A pitáia apresentou elevado teor de umidade (85,97%) (Tabela 3), dentro da faixa encontrada para diferentes espécies de pitáia (83,60 a 89,00%) (LE BELLEC, 2006; MAHATTANATAWEE et al., 2006; ABREU et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015; JERÔNIMO et al., 2015). Para proteína, foi obtido teor médio de 1,07% (Tabela 3), estando dentro da faixa encontrada para diferentes espécies de pitáia (0,3 a 2,27%) (BAKAR et al., 2011; ABREU et al., 2012; SATO et al., 2014; JERÔNIMO et al., 2015); diferenças que podem se dever às metodologias aplicadas ou a uma possível interferência da betalainas, pigmento que contém azoto responsável pela cor vermelha (LE BELLEC, 2006). Para lipídeo e cinzas, foram obtidos teores médio de 1,94 e 2,49%, respectivamente (Tabela 3); o teor de lipídeo do presente trabalho é superior ao reportado por Le Bellec et al. (2006), com variação de 1,17 a 1,43%, e por Abreu et al. (2012), com teor de 0,36% (*H. polyrhizus*) para lipídeo e cinzas. A composição química de espécies de cactáceas varia dependendo dos fatores edáficos no local de cultivo, da estação e da idade da planta, o que explica as consideráveis variações nos dados publicados. Portanto, os respectivos teores de nutrientes variam entre espécies e variedades e não devem ser tomados como valores absolutos (STINTZING; CARLE, 2005).

A polpa apresentou em sua composição maior concentração dos macronutrientes nitrogênio (17,15 g/kg), magnésio (1,95 g/kg), potássio (1,58 g/kg), cálcio (1,33 g/kg) e fósforo (1,26 g/kg) (Tabela 4). Em outras pesquisas, observa-se conteúdo relativamente alto de potássio, seguido de magnésio e cálcio. Outros micronutrientes parecem estar presentes em maior quantidade em pitáia, especialmente nas espécies com polpa vermelho-roxa, constatado maior concentrações de nitrogênio (11,3 g/kg), potássio (12,6 g/kg) e cálcio (8,0 a 23 g/kg); além do fósforo, enxofre e magnésio nas concentrações de 2,3; 1,0 e 3,6 g/kg, respectivamente (LE BELLEC et al., 2006; CORDEIRO et al., 2015). Um teor elevado de cálcio pode indicar maior resistência dos frutos após a colheita (CORDEIRO et al., 2015), pois, ao ligar-se covalentemente às pectinas, dá origem ao pectato de cálcio, restringindo a ação da pectinametilesterase, poligalacturonase, dentre outras enzimas pectolíticas, que, conseqüentemente, retardam o amaciamento de frutos (YAMAMOTO et al., 2011), constituindo fator importante na manutenção da integridade dos tecidos por maior período e, conseqüentemente, a qualidade.

Tabela 4. Conteúdo de minerais da polpa da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

Análises	Média ¹	± DP
N (g/kg)	17,15	2,67
P (g/kg)	1,26	0,17
K (g/kg)	1,58	0,33
Ca (g/kg)	1,33	1,07
Mg (g/kg)	1,95	1,01
Fe (mg/kg)	173,0	19,52
Mn (mg/kg)	114,0	2,30
Zn (mg/kg)	53,8	2,07
Cu (mg/kg)	4,20	0,13

¹Valores expresso em média ± desvio padrão (n = 4).

Os teores de magnésio (Tabela 4) atendem a 100% das recomendações diárias para ingestão por homens e mulheres, 420 e 320 mg de magnésio, respectivamente. Já os de cálcio e potássio (Tabela 4) atendem 13,3 (1 g diária) e 2,68% (1 g diária) das recomendações diária para ambos os sexos (BRASIL, 2005).

Quanto aos micronutrientes analisados, verificou-se que o ferro (173,0 mg/kg), manganês (114,0 mg/kg) e o zinco (53,8 mg/kg) se encontram nas maiores concentrações (Tabela 4), característica observada por Cordeiro et al. (2015), quando avaliaram em pitáia conteúdo de ferro (337,58 mg/kg), zinco (116,26 mg/kg) e manganês (113,93 mg/kg), estes destacando-se com maiores concentrações e o boro (18,73 mg/kg) e o cobre (21,71 mg/kg) com menor. Teores significativos de minerais em pitáia são importantes na dieta humana, sendo considerado um fruto rico em ferro (GARCÍA-CRUZ et al., 2013). O conteúdo de ferro, manganês e cobre atende a 100% das recomendações diárias para ingestão por homens e mulheres; por sua vez, o zinco atente a 49,09% (11 mg diárias) e 67,5% (8 mg diárias) das recomendações para homens e mulheres, respectivamente (BRASIL, 2005). Como foi descrito, a polpa da pitáia apresenta quantidade significativa de minerais, no entanto, a biodisponibilidade, fator relevante, no que concerne à capacidade de absorção pelo organismo, ainda necessita ser avaliada. Valores devem ser considerados números aproximados, uma vez que os conteúdos minerais variam de acordo com a espécie, local de cultivo e estado fisiológico do tecido (STINTZING; CARLE, 2005).

3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

A vitamina C apresentou conteúdo médio de 21,42 mg/100 g de polpa (Tabela 5), próximo ao observado por Abreu et al. (2012) para *H. polyrhizus* (20,69 mg/100 g) e superior ao reportado por Beltrán-Orozco et al. (2009) para os quatro tipos de pitáia (vermelha, cereja, amarela e branca), que apresentaram variação entre 8 e 14 mg/100 g, com média de 13 mg/100 g. A maioria das cactáceas apresenta conteúdo baixo de ácido ascórbico (VAILLANT et al., 2005). Entretanto, Esquivel et al. (2007a) relatam para diferentes genótipos de pitáia do gênero *Hylocereus*, valor de até 54 mg/100 g, tendo destaque a variedade de polpa vermelha (BARQUERO; MADRIGAL, 2010; CHOO; YONG, 2011; ABREU et al., 2012). Considerando os resultados encontrados, o consumo de 100 g de pitáia supre 47,6% das recomendações diárias de vitamina C para homens e mulheres adultos (45 mg/100 g).

Para antocianinas, observou-se conteúdo de 11,53 mg/100 g (Figura 5). Estudos reportados por Tze et al. (2012) relatam que as betacianinas são os pigmentos responsáveis pela cor da casca da pitáia. Na ausência de antocianinas em pitáia vermelha, a cor é atribuída à presença de betacianinas, pigmento solúvel em água que proporciona cores vermelhas e amarelas a grande variedade de flores e frutos (WU et al., 2006). Segundo Zainoldin e Baba (2009), estas duas classes de substâncias não ocorrem juntas em uma mesma espécie. O

conteúdo de antocianinas verificado no presente trabalho foi pouco mais da metade ao encontrado em acerola, açaí e morango com conteúdo médio de 18,9; 21,23 e 21,69 mg/100 g, respectivamente (TEIXEIRA et al., 2008; RUFINO et al., 2010), considerados boas fontes de antocianinas.

Tabela 5. Compostos bioativos e atividade antioxidante da polpa da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) oriunda do semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil.

Análises		Média ¹	± DP
Vitamina C (mg/100 g)		21,42	3,26
Antocianinas totais (mg/100 g)		11,53	1,75
Betacianinas (mg/100 g)	Água ²	69,10	5,92
	Álcool 70	68,67	4,08
	Álcool 80	82,27	5,19
Betaxantinas (mg/100 g)	Água	97,06	10,10
	Álcool 70	109,02	18,67
	Álcool 80	113,15	8,95
Flavonoides amarelos (mg/100 g)		7,69	4,75
Polifenóis extraíveis totais (mg/100 g)		48,07	19,19
ABTS (µmol Trolox/g)		1,42	0,40

¹ Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 4);

² Extrator: H₂O – água; Etanol 70% - etanol:água 70:30; Etanol 80% - etanol:água 80:20.

O resultado do conteúdo de betacianinas e betaxantinas utilizando três solventes pode ser observado na Tabela 5. Em todos os casos, o álcool a 80% extraiu o maior nível de pigmentos, pouco mais de 14% para betacianinas e 16% para betaxantinas. Para as betacianinas, os dados estão próximos do observado por Castellar et al. (2003) (67,0 a 80,1 mg/100 g), superiores ao observado por Vaillant et al. (2005) para diferentes cultivares de pitáia (32 a 41 mg/100 g). As betacianinas e betaxantinas são pigmentos que proporcionam cor atraente com estabilidade em várias gamas de pH, temperatura e alto valor nutricional (MIZRAHI, 2014). Cinco tipos de betalainas estão presentes em pitáia vermelha, dois correspondentes a betaxantinas e três a betacianinas, o que provoca diferenças de cor

(GARCÍA-CRUZ et al., 2013) e torna a pitáia uma importante fonte destes constituintes e alternativa na obtenção de corante natural.

O conteúdo de flavonoides foi de 7,69 mg/100 g (Tabela 5), sendo superior ao reportado por Lima et al. (2013), que mencionam variação de conteúdo de flavonoides de 0,88 mg/100 g (*S. megalanthus*) a 6,03 mg/100 g (*H. costaricensis*), espécies comerciais e nativas do Brasil, oriundas de Planaltina-DF. Dados corroborados por Wu et al. (2006), que mencionam conteúdo de flavonoides para mesma espécie em estudo (*H. polyrhizus*), cultivada em Taiwan, de 7,21 mg/100 g de polpa fresca.

Para os polifenóis extraíveis totais (PET), observou-se conteúdo de 48,07 mg/100 g (Tabela 5), sendo superior aos presentes em diferentes espécies de pitáia *S. megalanthus* (12,31 mg/100 g), *S. setaceus* (15,81 mg/100 g), *H. undatus* (17,28 mg/100 g), *H. undatus* (11,56 mg/100 g) e *H. costaricensis* (23,15 mg/100 g) produzidas em Planaltina-DF (LIMA et al., 2013). Também se destaca quando comparadas à mesma espécie (*H. polyrhizus*) oriunda da Malásia (24,22 mg/100 g) (CHOO; YONG, 2011), de Taiwan (42,4 mg/100 g) (WU et al., 2006) e da China (27,52 mg/100 g) (FU et al., 2011). Segundo estes autores, essa diferença pode se dever à variação ambiental do crescimento ou devido à diferença de fase de maturação dos frutos. Por sua vez, as condições edafoclimáticas da região semiárida, onde foram produzidos os frutos, podem ter favorecido o incremento no conteúdo de PET, além do conteúdo de flavonoides, betacianinas e betaxantinas (Tabela 5) que se mostraram superiores aos de frutos obtidos em diferentes regiões com características distintas. Além disso, as características físicas e físico-químicas apresentam semelhanças com a espécie *H. undatus*, pitáia mais cultivada e comercializada no mundo, o que pode despertar maior interesse e aceitabilidade da *H. polyrhizus* pelo consumidor e pela indústria alimentícia.

A pitáia apresentou atividade antioxidante total (AAT) de 1,42 $\mu\text{mol trolox/g}$ (Tabela 5), inferior àquela observada por Wu et al. (2006) (28,3 μM de Trolox/g), Beltrán-Orozco et al. (2009) (11,0 μM trolox/g para pitáia vermelha, 16,8 μM trolox/g para amarela e 17,3 μM trolox/g para branca) e por Esquivel et al. (2007b) (variação de 24,5 a 36,1 $\mu\text{M/g}$). Pitáias oriundas de pomares comerciais que recebem tratamentos pré-colheita (adubação, irrigação, etc.), como nutrientes e água adequados para seu desenvolvimento apresentaram menor AAT (BELTRÁN-OROZCO et al., 2009), ao passo que frutos oriundos de plantas de ocorrência espontânea apresentam maior AAT (WU et al., 2006), corroborando com outros estudos que apontam os compostos bioativos como responsáveis pelo potencial antioxidante, sintetizados em maiores quantidades quando a planta é submetida a estresse (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que pode explicar a baixa AAT no presente trabalho.

Por sua vez, García-Cruz et al. (2013) mencionarem que a pitaia, oriunda de hortas familiares em Tepexi de Rodríguez (México), apresenta AAT moderada a alta, quando avaliado pelo método ABTS e ORAC; comportamento corroborado por Abreu et al. (2012), que relatam alta capacidade antioxidante para polpa de pitaia pelo método do sistema betacaroteno/ácido linoléico, podendo estar associada ao alto teor de betacianinas presente na pitaia de polpa vermelha. Entretanto, a AAT do presente trabalho, comparada a AAT de outros frutos (RUFINO et al., 2010), mostra que a da pitaia é baixa. Talvez o método ABTS não seja o mais adequado para medir a capacidade antioxidante para pitaia de polpa vermelho-púrpura, sendo necessários estudos subsequentes com diferentes métodos de captura de radicais livres que comprovem essa capacidade antioxidante. Kim et al. (2011) mencionam a existência de correlação direta entre o conteúdo fenólico e o efeito AAT; e segundo Beltrán-Orozco et al. (2009) atribuem a AAT às betalaínas, e Vaillant et al. (2005) aos compostos fenólicos.

Segundo outros estudos, a atividade antioxidante em pitaia é considerada moderada a alta, importante fonte de fitoquímicos, tais como polifenóis, flavonoides e vitamina C, que estão relacionados com a sua atividade antioxidante, sendo as vermelhas de maior potencial para ser considerado um produto nutracêutico (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; SONG et al., 2016), características importantes presentes na pitaia, pois, combinados com alimentos vegetais, têm uma variedade de mecanismos de ação, incluindo efeitos sobre a atividade antioxidante e os radicais livres, ciclo celular, oncogenes e expressão de genes supressores de tumor, apoptose, atividade enzimática desintoxicante, imunidade, metabolismo e infecção (WOLFE et al., 2008), sendo o consumo de frutas e legumes benéfico para a saúde humana (WANG et al., 2017).

4 CONCLUSÃO

A pitáia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) produzida no semiárido do Nordeste brasileiro, Vale do Jaguaribe-CE, Brasil, possui bom rendimento de polpa, firmeza, relação SS/AT, açúcares e baixa acidez. Características físicas, químicas e nutricionais favorecem o consumo *in natura*, além de conteúdo significativo de minerais (manganês, cálcio, potássio e ferro), betacianinas e betaxantinas, podendo ser considerada um fruto rico em nutrientes benéficos à saúde.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C.; 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 (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.
- ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 561-564, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.
- BAKAR, J.; MUHAMMAD, S.; KHARIDAH, S.; HASHIM, D. M. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 18, n. 1, p. 279-286, 2011.
- BARQUERO, M. E. G.; MADRIGAL, O. Q. Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. **Tecnología en Marcha**, Cartago, v. 23, n. 2, p. 14-24, 2010.
- BASTOS, D. C.; PIO, R., SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. D.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.
- BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.
- BELTRÁN-OROZCO, M. C.; OLIVA-COBA, T. G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). **Agrociencia**, Texcoco, v. 43, n. 2, p. 153-162, 2009.
- BRASIL. ANVISA. Resolução RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal". **D.O.U. - Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, DF, de 23 de set. de 2005.
- BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.
- CAMPOS-ROJAS, E.; PINEDO-ESPINOZA, J. M.; CAMPOS-MONTIEL, R. G.; HERNÁNDEZ-FUENTES, A. D. Evaluación de plantas de pitaya (*Stenocereus* spp) de poblaciones naturales de Monte Escobedo, Zacatecas. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, Texcoco, v. 17, n. 3, p. 173-182, 2011.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, Série B).

CASTELLAR, R.; OBÓN, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

CEJUDO-BASTANTE, M. J.; HURTADO, N.; DELGADO, A.; HEREDIA, F. J. Impact of pH and temperature on the colour and betalain content of Colombian yellow pitaya peel (*Selenicereus megalanthus*). **Journal of Food Science and Technology**, Amritsar, v. 53, n. 5, p. 2405-2413, 2016.

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

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, Tóquio, v. 2, n. 3, p. 418-25, 2011.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M. D.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. D. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

CORRÊA, L. C.; RYBKA, A. C. P.; SILVA, P. T. S.; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E. **Determinação de açúcares em mosto, sucos de uva e vinho por cromatografia líquida de alta eficiência (Clae)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 15 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 112).

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Comparison of morphological and chemical fruit traits from different pitaya genotypes (*Hylocereus* sp.) grown in Costa Rica. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, San Pedro, v. 81, p.7-14, 2007a.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes. **Zeitschrift für Naturforschung**, Tübingen, v. 62, n. 9-10, p. 636-644, 2007b.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982, 263 p.

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**, Irapuato, v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; LUNA-MORALES, D. C. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, 2016.

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**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 62-69, 2006.

JERÔNIMO, M. C.; ORSINE, J. V. C.; BORGES, K. K.; NOVAES, M. R. C. G. Chemical and Physical-Chemical Properties, Antioxidant Activity and Fatty Acids Profile of Red Pitaya [*Hylocereus Undatus* (Haw.) Britton & Rose] Grown In Brazil. **Journal of Drug Metabolism & Toxicology**, v. 6, n. 4, p. 1-6, 2015.

KADER, A. A. Quality assurance of harvested horticultural perishables. In: **IV International Conference on Postharvest Science 553**. 2001. p. 51-56.

KIM, H.; CHOI, H. K.; MOON, J. Y.; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of Food Science**, Raleigh, v. 76, n. 1, p. C38-C45, 2011.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

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

LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G. Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 377, 2014.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). In: LOPES, J. F. **Cucurbitáceas: informativo agropecuário**. Belo Horizonte: [s.n.], 1982. p. 61-65.

MAHATTANATAWEE, K.; MANTHEY, J. A.; LUZIO, G.; TALCOTT, S. T.; GOODNER, K.; BALDWIN, E. A. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 19, p. 7355-7363, 2006.

MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. D. C. M. R.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaiia vermelha durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 631-644, 2015.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MINOLTA CORP. **Precise Color Communication**: Color Control from Feeling to Instrumentation. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007.

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

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaiá-vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 762-766, 2011.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B. SILVA, FOR Cultivo da pitaiá: implantação. **Boletim técnico**, Lavras, n. 92, p. 1-16, 2012.

MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 96-103, 2015.

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

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 321-346, 1997.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 99-105, 1999.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of Vine and Columnar Cacti. In: NOBEL, P. S. (org.). **Cacti: biology and uses**. University of California Press, 2002. p.185-197.

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

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 74, n. 2, 209-215, 1997.

OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.

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

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. D. C. A.; SATO, M. K.; SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.1, n. 2, p. 46-56, 2014.

SCHWARTZ, S. J.; VON ELBE, J. H. Quantitative determination of individual betacyanin pigments by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 3, p. 540-543, 1980.

SILVA, A. C. C.; CAVALLARI, L. L.; SABIÃO, R. R.; MARTINS, A. B. G. Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, 2015.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. D. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 1162-1168, 2011.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora, 1981.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, F. C. **Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SONG, H.; ZHENG, Z.; WU, J.; LAI, J.; CHU, Q.; ZHENG, X. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **PloS one**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition & Food Research**, Münster, v. 49, n. 2, p. 175-194, 2005.

STINTZING, F. C.; CONRAD, J.; KLAIBER, I.; BEIFUSS, U.; CARLE, R. Structural investigations on betacyanin pigments by LC NMR and 2D NMR spectroscopy. **Phytochemistry**, France, v. 65, n. 4, p. 415-422, 2004.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. **Food Chemistry**, London, v. 77, n. 1, p. 101-106, 2002.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research and Technology**, v. 216, n. 4, p. 303-311, 2003.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ªed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TREZZINI, G. F.; ZRÝB, J. P. Characterization of some natural and semi-synthetic betaxanthins. **Phytochemistry**, France, v. 30, n. 6, p. 1901-1903, 1991.

TZE, N. L.; HAN, C. P.; YUSOF, Y. A.; LING, C. N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. **Food Science and Biotechnology**, Incheon, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.

VAILLANT, F.; VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, France, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005.

WALL, M. M.; KHAN, S. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **HortScience**, Virgínia, v. 43, n. 7, p. 2115-2119, 2008.

WANG, H.; GUO, X.; HU, X.; LI, T.; FU, X.; LIU, R. H. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food chemistry**, London, v. 217, p. 773-781, 2017.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, London, v. 120, n. 3, p. 850-857, 2010.

WOOLF, A.; HOA, T. T.; CHAU, N. M.; JACKMAN, R.; CLARK, C. **HortResearch & SOFRI - Dragon Fruit Assessment Manual**. 2006. 23 p.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, 2008.

WU, L.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

YAH, A. R. C.; PEREIRA, S. S.; VELOZ, C. S.; SAÑUDO, R. B.; DUCH, E. S. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

YAMAMOTO, E. L.; FERREIRA, R. M.; FERNANDES, P. L. O.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 49-55, 2011.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 60, p. 361-366, 2009.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). **Fruits and Nuts**, v. 9, s.n., p. 1-3, 2004.

CAPÍTULO III

VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA E COMPOSTOS BIOATIVOS DA PITAIA (*Hylocereus polyrhizus*)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil pós-colheita e os compostos bioativos da pitáia (*H. polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação durante o armazenamento (0, 5, 8, 11 e 14 dias), com 4 repetições de 2 frutos cada. Os frutos foram colhidos totalmente maduros e transportados para o laboratório, onde foram selecionados e submetidos às análises físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS). O armazenamento influenciou a maioria das variáveis analisadas, exceto para firmeza de polpa, luminosidade e ângulo hue da polpa e para os açúcares totais e redutores, permanecendo constante durante o armazenamento. A pitáia armazenada a temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR) pode ser comercializada até o 12º dia, sem perdas na qualidade, momento em que apresentou também alta relação de SS/AT (85,61), que, atrelada ao rendimento de polpa (85,06%) e firmeza do fruto (36,33 N), favorece o consumo *in natura*; e considerado conteúdo de betacianinas (56,28 mg/100 g) e betaxantinas (84,44 mg/100 g). A pitáia é uma boa fonte de betacianinas e bataxantinas e sua atividade antioxidante mostrou-se correlacionada com os polifenóis e as betacianinas.

Palavras-chave: Cactácea. Fruta exótica. Conservação. Atividade antioxidante. Alimentos funcionais.

POST-HARVEST LIFE SHELF AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF PITAYA
(*Hylocereus polyrhizus*)

ABSTRACT

The present work proposed to evaluate the post-harvest life shelf and the bioactive compounds of the dragon fruit (*H. polyrhizus*) submitted to storage at room temperature (25 ± 1 ° C and $45 \pm 5\%$ RH). The experimental design was completely randomized (DIC). The treatments were evaluated for storage times (0, 5, 8, 11 and 14 days), with 4 replicates of 2 fruits each. The fruits were harvested fully ripe and transported to the laboratory, where they were selected and submitted to physical, physico-chemical, bioactive compounds and antioxidant activity (ABTS) analyzes. The storage influenced most of the analyzed variables, except for pulp firmness, luminosity and hue angle of the pulp and for the total and reducing sugars, remaining constant during storage. Dragon fruit stored at room temperature (25 ± 1 ° C and $45 \pm 5\%$ RH) may be marketed until the 12th day, without loss of quality, at which time it also had a high SS/AT ratio (85.61), that linked to the yield of pulp (85,06%) and firmness of the fruit (36.33 N) favors *in natura* consumption; and considered betacyanin content (56.28 mg/100 g) and betaxanthines (84.44 mg/100 g). Dragon fruit is a good source of betacyanins and betaxanthines, and antioxidant activity has been shown to correlate with polyphenols and betacyanins.

Key words: Cactaceae. Exotic fruit. Conservation. Antioxidant activity. Functional foods.

1 INTRODUÇÃO

A pitáia pertence à família das Cactaceae, distribuídas por todo o continente americano (ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012), sendo conhecida também por pitahaya, red pitaya, dragon fruit, dentre outros. Tem despertado o interesse não só pela sua aparência exótica e suas propriedades organolépticas, mas sobretudo por apresentar considerado conteúdo de fitoquímicos, minerais e atividade antioxidante (LE BELLEC et al., 2006; GARCÍA-CRUZ et al., 2013; CORDEIRO et al., 2015; GARCÍA-CRUZ et al., 2016; SONG et al., 2016).

Características nutricionais da pitáia, aliadas ao alto valor comercial, despertam o interesse dos fruticultores em seu plantio e cultivo (CORDEIRO et al., 2015), que, com o aumento significativo da demanda por frutos exóticos nos últimos anos (WATANABE; OLIVEIRA, 2014), veem a pitáia como uma nova alternativa. O fruto apresenta alta demanda tanto no mercado nacional como internacional. Atualmente, é cultivada comercialmente em mais de 20 países, dentre eles o México, Nicarágua, Guatemala, Estados Unidos, Taiwan, Vietnã, Filipinas e Israel (MIZRAHI, 2014; OBENLAND et al., 2016).

No Brasil, o cultivo da pitáia é recente e tem os Estado de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará como principais produtores (BASTOS et al., 2006; NUNES et al., 2014). Destaque para o Estado de São Paulo, responsável por mais de 92% da quantidade comercializada na CEAGESP (mais de 270 toneladas), seguido de Minas Gerais com 5,62% (16.380 kg) e do Ceará, com 1,16% (equivalente a 3.399 kg), registrando-se aumento de mais de 250% no volume de 2007 a 2012 (SILVA, 2014).

No Estado do Ceará, há plantio de aproximadamente 15 hectares da cultura (NUNES et al., 2014) e no Estado do Rio Grande do Norte, no município de Baraúnas, produtores mantêm cerca de 10 hectares de pitáia, dos quais a maioria com as espécies *H. undatos* e *H. polyrhizus*, sendo parte da produção destinada à região de Fortaleza-CE e Mossoró-RN, transportada a granel em caminhões sem uso de refrigeração.

Sabe-se que a pitáia armazenada em condições ambiente sofre rápida perda de qualidade, deteriora-se rapidamente, sendo acelerada a ocorrência de alterações indesejáveis (GARCÍA-CRUZ et al., 2016), apresentando uma curta vida útil pós-colheita, aproximadamente de 6 a 8 dias sem refrigeração (NERD; MIZRAHI, 1999). Para pitáia produzida em Itajobi-SP e armazeada a temperatura de 21 a 27 °C e umidade relativa de 44 a 63%, foi verificada vida útil de cinco dias (BRUNINI; CARDOSO, 2011). A temperatura de

armazenamento e o tempo de exposição são fatores que influenciam nos processos fisiológicos da pitiaia (MAGAÑA et al., 2006), podendo reduzir a qualidade do fruto após a colheita (LI et al., 2017), devido a reações de oxidação e degradação de compostos de interesse, levando à senescência dos frutos (SANTOS et al., 2016). A vida útil dos frutos também é influenciada pelas condições edafoclimáticas, tratos culturais, época e local de colheita, variedade e manuseio pós-colheita dos frutos (LIMA et al., 2013).

Apesar da expansão da cultura no Braisl, observa-se perda considerável da produção devido à falta de técnicas de conservação adequada (BRUNINI; CARDOSO, 2011) e de informações sobre o comportamento dos frutos na pós-colheita, que possibilite tomada de decisão quanto ao período de armazenamento e intervenções durante o manuseio, que possam minimizar a perda da qualidade. Contudo, até o momento, não há estudos sobre o comportamento e vida útil pós-colheita da pitiaia, espécie *H. polyrhizus*, oriundas do semiárido brasileiro, o que dificulta ainda mais a expansão para mercados mais distantes.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a vida útil pós-colheita e os compostos bioativos da pitiaia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) oriunda do semiárido do nordeste brasileiro e submetida ao armazenamento à temperatura de 25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ de umidade relativa por 14 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras e instalação do experimento

Os frutos de pitaia, espécie *H. polyrhizus*, com casca (epicarpo) de cor vermelha e polpa vermelho-rosa (vermelho-púrpura), foram obtidos de um pomar comercial com três anos de implantação localizado no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, município de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil (05° 08' 62'' S e 37° 59' 55'' W), semiárido brasileiro. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é "BSwh", isto é, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro; e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). As condições climáticas da região correspondente aos meses reprodutivos à colheita (maio a agosto de 2014) foram: umidade relativa de 68,77%; temperatura média de 26,64 °C e precipitação de 59,80 mm (Estação meteorológica da UEPE – Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Tecnológica/Chapada do Apodi, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Limoeiro do Norte).

Os frutos foram colhidos manualmente, pela manhã, em estágio de maturação utilizado para comercialização (coloração da casca vermelha uniforme em todo o fruto). Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN. No laboratório, os frutos passaram por um processo de seleção, sendo descartados aqueles que apresentavam danos por cortes, abrasões, ataques de insetos ou animais. Posteriormente, os frutos foram acomodados em bandejas de poliestireno (23,5 x 18,0 x 1,5 cm) e armazenados à temperatura de 25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ umidade relativa (UR) no laboratório, simulando as condições de supermercado, momento em que se deu a instalação do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação (Colheita – 0, 5, 8, 11 e 14 dias) em armazenamento à temperatura de 25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR, com quatro repetições de dois frutos cada. Para as análises de betacianinas e betaxantinas, o experimento foi analisado em DIC em esquema fatorial 3 x 5, sendo o primeiro fator constituído por três tipos de extrator (Água, álcool 70% e álcool 80%) e o segundo, por cinco tempo de avaliação em armazenamento.

Os frutos foram submetidos às avaliações físicas de qualidade, em seguida, a polpa, contendo as sementes, foi separada da casca (epicarpo) após corte transversal no fruto, de

forma manual com auxílio de facas de aço inoxidável. A fração polpa (mesocarpo + sementes) foi homogeneizada em homogeneizador de tecidos tipo Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany), formando uma única amostra, acondicionadas em potes de plástico e armazenadas em freezer à temperatura de - 23 °C para posteriores análises.

2.2 Características físicas

Foi determinado o diâmetro longitudinal (mm), transversal (mm) e espessura de polpa (mm) utilizando um paquímetro digital (Shan, China); formato do fruto, obtido pelo cálculo da relação entre o diâmetro longitudinal e transversal, classificando-os em: comprimido ($RF < 0,9$), esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$), oblongo ($1,1 < RF \leq 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$) (LOPES, 1982); massa fresca do fruto (g) (utilizou-se balança analítica); rendimento de polpa (%) obtido por diferença entre a massa total do fruto e a massa da casca; e teor de umidade (%) por gravimetria e constou da pesagem de 100 g da polpa em bandejas de alumínio previamente taradas e aquecidas em estufa a 105 °C até peso constante, segundo Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2002).

A aparência externa dos frutos foi determinada por três avaliadores treinados, utilizando-se uma escala de notas subjetiva variando de 4 a 0 (zero) de acordo com a severidade de defeitos presentes na superfície do fruto (murchamento das brácteas – escamas – curvando-as em direção ao fruto, mudanças na cor, depressões, manchas e/ou ataque de microorganismo, aqui definidas como defeitos), onde: de 4 – 3,1 corresponderam a frutos em ótimas condições de comercialização (menos de 5% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); 3 – 2,1 frutos em boas condições (5 a 25% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); 2 – 1,1 frutos em condições razoáveis (26 a 50% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); e 1 - 0 frutos sem condições de comercialização (mais de 51% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito). A nota limite considerada para descarte dos frutos como não comercializável foi a inferior a 1,5. Escala de notas para aparência foi adaptada de Woolf et al. (2006) (HortResearch & SOFRI Dragon Fruit Assessment Manual) e de Brunine e Cardoso (2011).

A coloração da casca e polpa foi expressa em L (luminosidade – brilho, claridade ou refletância), C* (croma – saturação ou intensidade da cor) e °h (ângulo Hue – tonalidade) (Commission Internationale de L'Eclairage) (MINOLTA, 2007), com auxílio de um colorímetro digital de bancada (CR-410, Minolta®). As leituras na casca foram determinadas aleatoriamente em dois pontos equidistantes na região equatorial e para a coloração da polpa,

pós-corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas.

A firmeza do fruto e da polpa foram determinados utilizando texturômetro *Texture Analyser*®, modelo TA.XTEpress/TA.XT2icon (*Stable Micro Systems Ltd.*, Surrey, Inglaterra), com célula de carga de 10 kg. Utilizou probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 6 mm (modelo P/6), as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 2 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, e distância de penetração de 30 mm. Foram realizadas duas medições equidistantes, uma em cada região equatorial do fruto e para polpa, pós-corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.3 Características físico-químicas e químicas

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de potenciômetro de leitura direta (Modelo mPA-210 Tecnal®, Brasil) devidamente padronizado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0 (AOAC, 2002), em alíquotas de 5 g da polpa diluída em 50 mL de água destilada. Após a estabilização dos resultados, os dados foram expressos em valores reais pH (AOAC, 2002). A acidez titulável (AT) foi determinada por procedimento eletrométrico, utilizando-se 5 g da polpa transferida para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água, em seguida realizando a titulação com solução de NaOH 0,1 N, até atingir pH de 8,2 (AOAC, 2002), usando um titulador automático (Titrette® modelo Class A precision by BRAND, USA), sendo os resultados expressos em mg de ácido málico/100 g de polpa. Os sólidos solúveis foram determinados com o suco homogeneizado da polpa após ser filtrada em tecido tipo organza em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan) (AOAC, 2002). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) e a relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) (Vetec, Brasil), conforme Yemn e Willis (1954), a partir de 0,5 g das amostras para obtenção do extrato, deste tomada uma alíquota de 100 µL para realização das leituras em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) a 620 nm, sendo os resultados expressos em porcentagem (%). Os açúcares redutores foram aferidos pelo método de DNS, segundo Miller (1959). O extrato foi obtido da diluição de 1 g da polpa, dois quais tomou-se 0,45 mL e a este volume adicionou 1,05 mL de água destilada e 1 mL de ácido

dinitrosalicílico (ácido 3,5-dinitro salicílico - DNS, Vetec, Brasil) a 1%, procedendo-se à reação em banho-maria a 100 °C por 5 minutos e resfriadas em banho de gelo, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados expressos em porcentagem (%).

2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT)

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução de 2,6 diclorofenol-indofenol a 0,02%, conforme metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Utilizou-se 2,5 g das amostras e diluídos para balão volumétrico de 100 mL com ácido oxálico 0,5%, 5 mL desta solução foram diluídos em água destilada até 50 mL e realizada a titulação em seguida, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de matéria fresca (MF).

Antocianinas totais e flavonoides amarelos foram determinados segundo Francis (1982). Amostras de 1 g foram misturadas a 50 mL da solução extratora (etanol 95 % - HCl 1,5 N na proporção 85:15), homogeneizadas por 2 minutos em Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany) e armazenada a 4 °C por 12 horas. A solução foi filtrada em papel Whatman n° 1 em frascos âmbar e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) em comprimento de onda de 374 nm para flavonoides com coeficiente de absorção de 76,6 mol/cm e 535 nm para as antocianinas com coeficiente de absorção de 98,2 mol/cm, sendo os resultados expressos em mg/100 g MF.

Para determinação do conteúdo de betacianinas e betaxantinas, utilizamos extratos preparados a partir da homogeneização por 30 min e filtrado de 1 g da polpa e 10 mL dos solventes (água, etanol:água nas proporções 70:100 e 80:100). Utilizou-se o tampão citrato-fosfato 0,05 M pH 6,5 para diluição dos extratos, quando necessário, para que as leituras a 538 nm para betacianinas e de 480 nm para betaxantinas permanecessem entre 0,8 < A < 1,0 (STINTZING et al., 2003) e calculado conforme Schwartz e Von Elbe (1980) e Trezzini e Zrýd (1991).

2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT)

O procedimento desenvolvido por Larrauri et al. (1997) foi empregado e é descrito como se segue: 17,5 g das amostras foram pesadas em tubos de centrífuga e sequencialmente extraídas com 10 mL de metanol/água (50:50, v/v) à temperatura ambiente durante 1 h. Os

tubos foram centrifugados a 10.000 rpm por 20 min e o sobrenadante recuperado. Em seguida, adicionou-se 10 mL de acetona/água (70:30, v/v) ao resíduo, à temperatura ambiente, extraiu-se durante 60 min e centrifugou-se. Extratos de metanol e acetona foram misturados em balão volumétrico, aferindo-se para 25 mL com água destilada. O extrato foi utilizado para determinar o conteúdo de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante.

Os polifenóis foram determinados por ensaio colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, conforme metodologia descrita por Obanda e Owuor (1997). As amostras foram submetidas à extração em metanol 50% e acetona 70%, tal como descrito por Larrauri et al. (1997). A determinação foi executada utilizando alíquotas de 150 µL dos extratos em tubos de ensaio e a eles foram adicionados 850 µL de água destilada, 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador de tubos (QL – 901, Vortex®) e deixadas em repouso durante 30 min no escuro. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 700 nm, utilizando a curva padrão de ácido gálico 98% (doseada em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 µg). Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (GAE) mg/100 g MF.

2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS^{•+}

A atividade antioxidante total (TAA) foi determinada utilizando 2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid radical cation (ABTS^{•+}, Sigma), método descrito por Re et al. (1999). Antes do ensaio colorimétrico, as amostras foram submetidas a um procedimento de extração em metanol 50% e acetona 70% (LARRAURI et al., 1997). O radical ABTS^{•+} foi gerado por meio da reação da solução ABTS 7 mM com 140 mM de persulfato de potássio deixando no escuro à temperatura ambiente durante 16 h antes. Uma vez formado o radical ABTS^{•+}, diluiu-se com etanol até obter um valor de absorvância de 700 nm ± 0,05 a 734 nm. A leitura espectrofotométrica foi feita após 6 min a partir da mistura de 30 µL de extrato com três mL do radical ABTS^{•+}, utilizando o antioxidante sintético Trolox na concentração de 100 - 2000 µM em etanol para preparar a curva de calibração. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g MF.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa “SISVAR 5.6” (FERREIRA, 2014), teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias e

regressão polinomial (linear e quadrática), selecionando os modelos de acordo com a significância do teste F e de seus respectivos coeficientes de determinação e o fenômeno biológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas

As pitaias utilizadas no experimento apresentaram massa média de 467,24 g, comprimento longitudinal de 95,78 mm e comprimento transversal de 93,58 mm. Frutos do presente trabalho são mais arredondados e possuem massa fresca superior àqueles reportados por Cordeiro et al. (2015) para a mesma espécie oriunda também do semiárido (Janaúba-MG), com massa fresca, comprimento longitudinal e transversal de 411,22 g, 107,06 e 84,46 mm, respectivamente. O peso dos frutos está dentro do aceitável atualmente para exportação, de 350 a 700 g (WOOLF et al., 2006) e com características físicas semelhantes às de pitaia *H. undatos*, espécie mais cultivada, comercializada e de maior aceitação no mercado mundial. Tais atributos são importantes, pois interferem na preferência do consumidor e afetam o rendimento do fruto.

Houve efeito significativo do tempo de armazenamento para aparência ($p < 0,01$), perda de massa fresca ($p < 0,01$), rendimento de polpa ($p < 0,01$), espessura de casca ($p < 0,01$) e firmeza do fruto ($p < 0,05$) da pitaia submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR), entretanto não foi observada diferença para firmeza de polpa ($p > 0,05$) (Tabela 1A, do Apêndice).

Para aparência, observou-se queda nas notas atribuídas, 4,0 para 1,13 do dia da colheita aos 14 dias de armazenamento, respectivamente. Até o 8º dia, os frutos apresentaram boa aparência (5 a 25% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito), no 12º dia notas que os classificavam como regulares (26 a 50% com defeito), mas comercializáveis, entretanto, a partir do 13º dia de armazenamento os frutos se apresentaram sem características adequadas para comercialização, com notas inferiores a 1,5, o que os classificavam como frutos com aparência ruim (Figura 2A) (Figura 1A, do Apêndice), apesar de a polpa apresentar boas condições de consumo. Os principais defeitos que depreciaram a qualidade dos frutos foram o murchamento das brácteas com moderado a severo curvamento em direção ao fruto e manchas, que podem estar associadas à podridão, a mais de 51% na superfície do fruto.

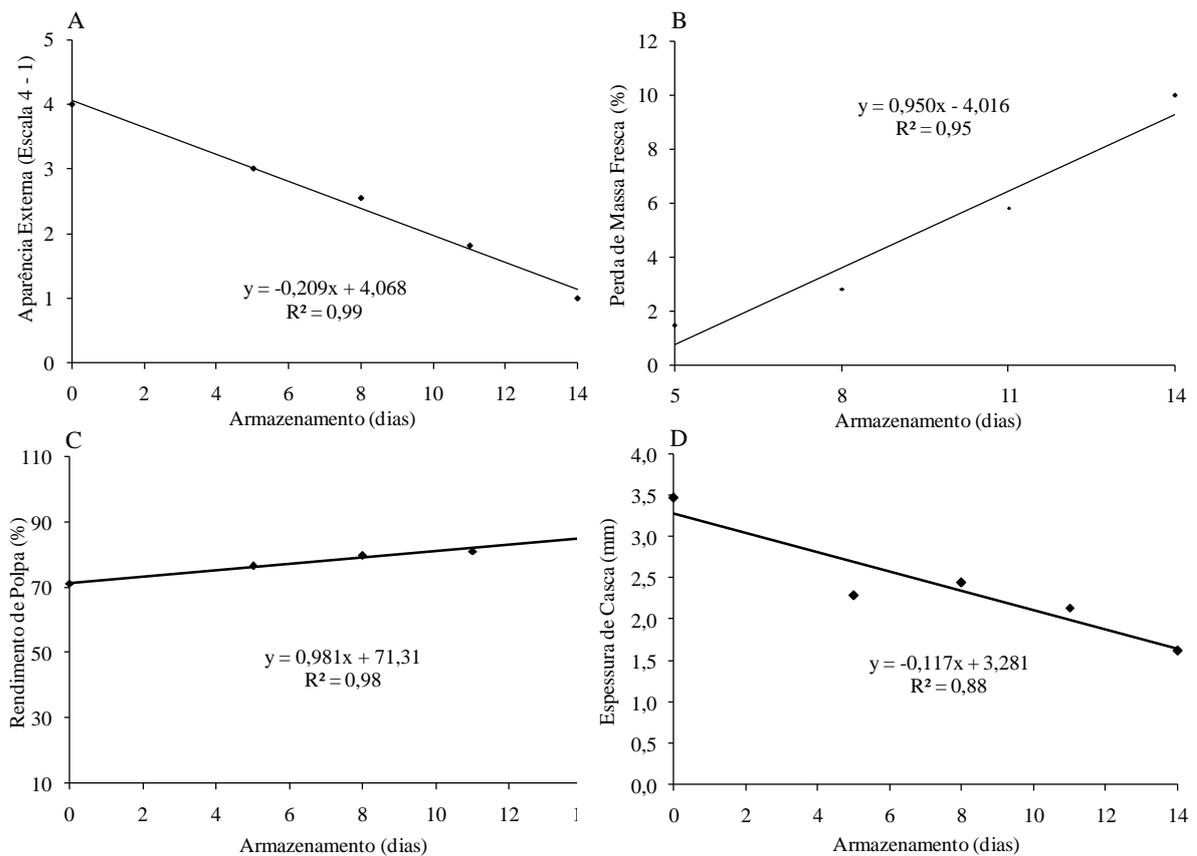


Figura 2. Aparência externa (A), perda de massa fresca (B), rendimento de polpa (C) e espessura de casca (D) da pitaiia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

A aparência externa das pitaiias é influenciada pela temperatura e pelo tempo de armazenamento, havendo declínio na qualidade durante o armazenamento, devido principalmente à diferença de temperatura, por atuar acelerando o processo de respiração, ocasionando início da senescência. Para pitaiias *H. undatus* oriundas de Itajobi, São Paulo, quando armazenadas à temperatura ambiente de 21 a 27 °C, com 44 a 63% de UR, a vida útil foi de até 5 dias, com aparência razoável para comercialização (BRUNINE; CARDOSO, 2011). Tal característica torna-se um dos principais fatores que depreciam a qualidade da pitaiia, principalmente devido ao murchamento (MIZRAHI, 2014).

A perda de massa fresca atingiu um valor máximo de 10,98% no 14º dia de armazenamento (Figura 2B). Essas perdas foram acima daquela considerada prejudicial para aparência dos frutos (10%) devido ao seu enrugamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005), depreciando a aparência dos frutos (Figura 2A). Brunini e Cardoso (2011), avaliando a perda de massa de pitaiia (*H. undatus*), observaram, aos cinco dias de armazenamento ambiente (21

a 27 °C), perda de 6,41%, superior à do presente trabalho no mesmo período. Os resultados podem se dever a uma maior taxa de transpiração na temperatura ambiente, associada à baixa umidade relativa do ar, que facilitaram a perda de água para o ambiente. Essa característica física é importante no aspecto comercial, haja vista que, em geral, sua comercialização se dá por meio de sua massa. Para pitáia, a manutenção da massa fresca durante o armazenamento pode ser obtida com uso de refrigeração a 5 °C associada ao não uso de atmosfera modificada (HOA et al., 2006; SANTOS et al., 2016).

Para o rendimento de polpa, observou-se aumento durante o período de armazenamento, pois no dia da colheita os frutos apresentaram valores de 71,32% de polpa e, ao final do armazenamento, 85,06%, acréscimo de 19,27% no rendimento (Figura 2C), o que pode estar associado à redução na espessura de casca também observada durante o armazenamento (Figura 2D), com valores médios de 3,28; 2,70; 2,34; 1,99; 1,64 mm na colheita, aos 5, 8, 11 e 14 dias de armazenamento, respectivamente, redução na ordem de 49,97%. A diminuição da espessura de casca pode ser explicada devido ao gradiente de pressão osmótica, resultante da maior concentração de açúcares da polpa em relação à casca (ABREU et al., 2012), o que favorece o deslocamento de água da casca para a polpa do fruto na maturação, que, por sua vez, proporciona maior rendimento ao fruto. Rendimento de 75,25% foi obtido por Cordeiro et al. (2015) para pitáia da mesma espécie produzida em Janaúba, Minas Gerais, região do semiárido; de 71% por Vaillant et al. (2005) para pitáia oriundo da Nicarágua; e de 63,37% por Lim et al. (2010), para pitáia oriunda da Malásia.

Quanto à firmeza do fruto, observou-se uma redução durante o armazenamento, de 50,50 N para 36,33 N (Figura 3), uma redução na ordem de 28,06%. Entretanto, para a firmeza de polpa, não foi observada diferença durante o armazenamento, que, em média, apresentou valor de 2,74 N. Segundo García-Cruz et al. (2016), pitáias oriundas do México apresentam consistência macia, com valores médios de 1,14 a 1,87 N para frutos de diferentes espécies completamente maduros e a perda de turgescência pode ter um papel importante na redução da consistência mecânica do tecido da pitáia. A manutenção da firmeza de polpa pode constituir um importante fator na duração da vida útil pós-colheita dos frutos por proporcionar integridade dos tecidos durante o armazenamento, mantendo suas propriedades por maior tempo. Um valor de firmeza de 44,31 N foi obtido em pitáia de polpa vermelho-púrpura completamente madura (CORDEIRO et al., 2015), próximo ao valor médio da pitáia do presente trabalho (42,81 N).

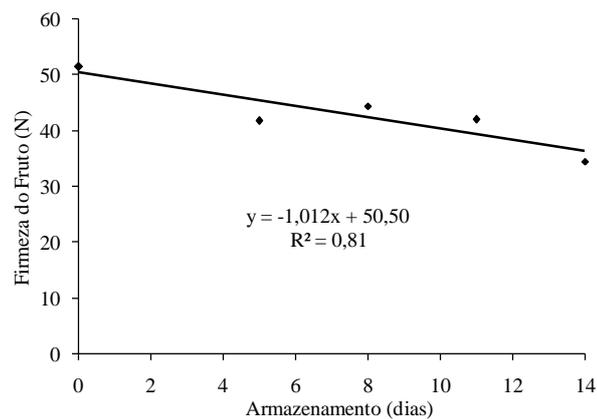


Figura 3. Firmeza do fruto da pitia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

Para as variáveis de cor da casca, houve efeito significativo para Luminosidade, cromaticidade e ângulo hue ($p < 0,01$) e para polpa para cromaticidade ($p < 0,01$) (Tabela 2A, do Apêndice). Houve redução da luminosidade da casca, de 48,02 para 42,01 aos 14 dias de armazenamento, tornando-os mais escuros e com brilho reduzido; esse comportamento de redução também foi observado para ângulo hue, partindo de uma predominância de coloração vermelho brilhante ($^{\circ}24,71$) a vermelho intenso (púrpura) ($^{\circ}14,99$). Para a cromaticidade, os frutos apresentaram maior saturação de cor no 8º dia de armazenamento, com valores de 47,28 (Figura 4A), o que pode ter sido proporcionado pela maior concentração de antocianinas e flavonoides que antecedeu esse período (Figura 6B e C). Um aumento da cromaticidade e redução na luminosidade e no ângulo hue também foram observados por Obenland et al. (2016) para diferentes cultivares de pitia oriundas da Califórnia, o que parece ser uma característica dessa espécie durante o armazenamento.

Quanto à coloração da polpa, houve efeito significativo apenas para a cromaticidade, com discreta redução e posterior aumento durante o armazenamento (Figura 4B), atingindo valor máximo no 14º dia (30,67). Em média, foram observados valores de 28,0; $^{\circ}1,5$ e 27,32 de cromaticidade, ângulo hue e Luminosidade, respectivamente. Tonalidade vermelho-púrpura foi mais evidente nos frutos do presente trabalho do que naqueles reportados por Cordeiro et al. (2015) oriundos de Janaúba-MG, possivelmente devido ao maior conteúdo de betalaínas no presente fruto, sendo as betacianinas os pigmentos mais importantes em proporcionar tonalidade vermelho-púrpura.

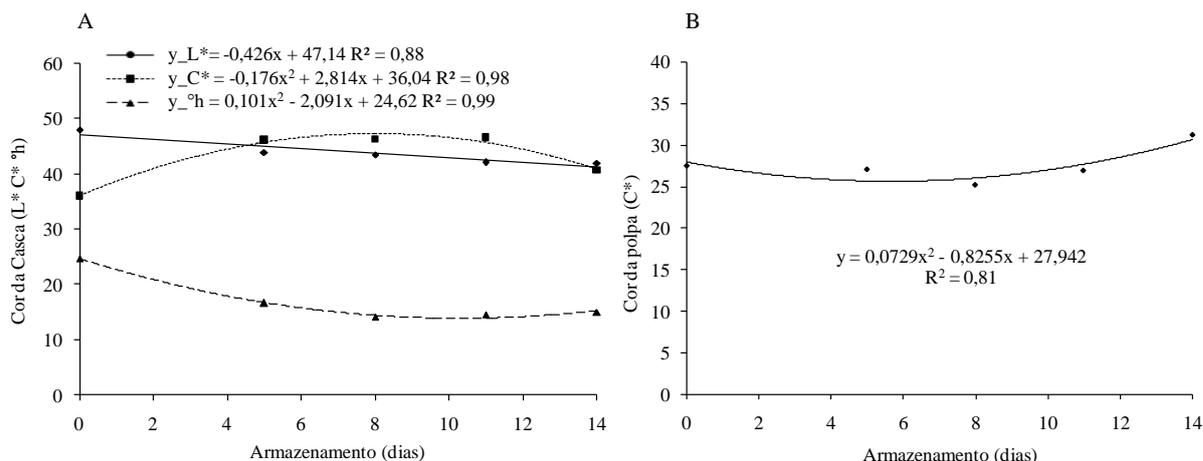


Figura 4. Variáveis de cor – luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo Hue ($^{\circ}h$) da casca (A) e cromaticidade (C^*) da polpa (B) da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

O acúmulo de pigmentos na polpa pode ocorrer em paralelo com o desenvolvimento da coloração da casca representada pela cromaticidade (Figura 4A), com maior intensidade de cor ao final do armazenamento (Figura 1A, do Apêndice). Tonalidade de cor da polpa semelhante à das variedades Cebra, Lisa, Rosa e San Ignacio oriundas da Califórnia (OBENLAND et al., 2016) e a *S. stellatus*, espécie oriunda do México (GARCÍA-CRUZ et al., 2016).

3.2 Características físico-químicas e químicas

Para as análises físico-químicas, observou-se efeito significativo durante o armazenamento para sólidos solúveis ($p < 0,05$), acidez titulável ($p < 0,05$), relação SS/AT ($p < 0,01$) e pH ($p < 0,01$), mas os açúcares totais e redutores não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) durante o armazenamento (Tabela 3A, do Apêndice).

No dia da colheita, os frutos apresentaram maior teor de sólidos solúveis, 13,21% ($^{\circ}$ Brix), e no 8^o dia de armazenamento o menor (11,14 $^{\circ}$ Brix), constatando redução com discreto aumento ao final do armazenamento (Figura 5A), o que pode ter sido proporcionado pelo consumo e/ou produção de açúcares e acúmulo de alguns pigmentos nesse período (Figura 6). Considerando o valor médio de sólidos solúveis, houve discreta redução na ordem de 5,22% ao final do armazenamento, inferior àquela reportado por Obenland et al. (2016),

com valores na ordem de 6,72% após duas semanas de armazenamento a 10 °C, em Irvine, Califórnia.

Obenland et al. (2016) relataram teores de sólidos solúveis próximos aos do presente trabalho em variedade da espécie *Hylocereus*, a exemplo de Cebra (10,89%), Rosa (11,78%), Lisa (11,38%), San Ignacio (12,27%), Physical Graffiti (12,17%); Cordeiro et al. (2015) de 13,14% da *H. polyrhizus*, e variação de 11,6 a 13,6 para a espécie *H. undatus* (ENCISO et al., 2011; YAH et al., 2008). O teor de sólidos solúveis é influenciado pela temperatura de armazenamento, pois quanto menor a temperatura, maior o período de manutenção no teor de sólidos solúveis durante o armazenamento (BRUNINI; CARDOSO, 2011; OBENLAND et al., 2016), fator importante na manutenção da qualidade do produto.

Houve redução da acidez titulável durante o armazenamento (Figura 5B), de 0,38 para 0,13 mg de ácido málico/100g de polpa; uma redução na ordem de 67%. A pitáia apresenta, em geral, baixa acidez (MOREIRA et al., 2011; ABREU et al., 2012; FREITAS; MITCHAM, 2013; CORDEIRO et al., 2015), podendo ocorrer declínio no teor durante o armazenamento em diferentes temperaturas (BRUNINI; CARDOSO, 2011), atingindo redução de até 40,9% quando armazenado a 10 °C, por sua vez, sua manutenção pode ser alcançada quando armazenada a 5 °C (OBENLAND et al., 2016). Do ponto de vista do sabor, a redução da acidez associada à manutenção ou aumento de sólidos solúveis é desejável.

A redução dos ácidos foi corroborada pelo pH, no qual se observa-se aumento ao longo do armazenamento, de 4,99 na colheita para 5,08 aos 14 dias (Figura 5C), acréscimo na ordem de 19,16%; valores de pH classificam esses frutos como de baixa acidez, o que pode ser observado na mesma espécie com valor de 5,32 para frutos oriundos de Janaúba (CORDEIRO et al., 2015) e 4,88 de pH para frutos oriundos de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (ABREU et al., 2012).

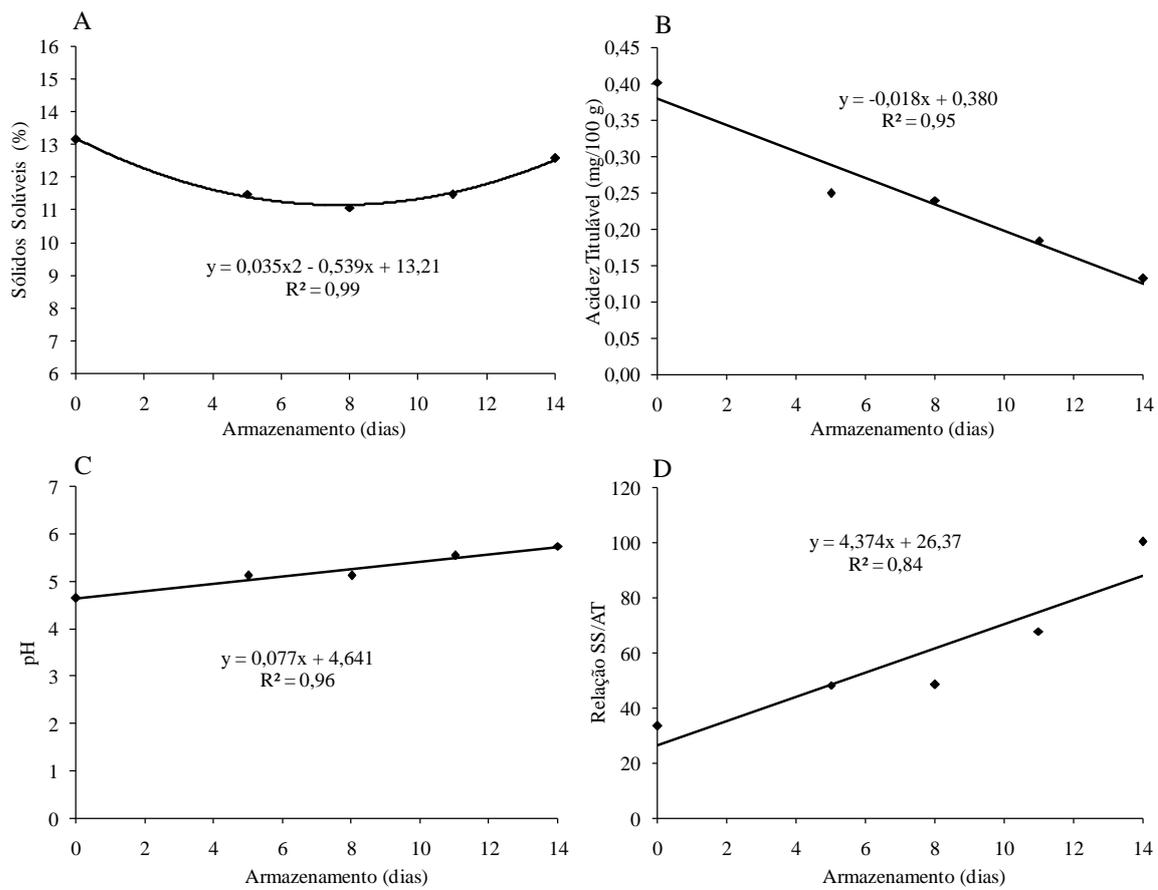


Figura 5. Sólidos solúveis - SS (A), acidez titulável - AT (B), pH (C) e relação SS/AT (D) da pitaita (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

A redução da acidez proporcionou acréscimo da relação SS/AT durante o armazenamento de 226,13% ao 14º dia, passando de 26,25 para 85,61 ao final do armazenamento (Figura 5D). Relação SS/AT maior que a obtida em pitaita (*H. polyrhizus*) produzida em Minas Gerais, pouco mais que 45 (ABREU et al., 2012; CORDEIRO et al., 2015), em São Paulo para a espécie *H. undatus* (51,90) (BRUNINI; CARDOSO, 2011). Por sua vez, a relação é maior do que a encontrada em manga ‘Van Dyke’ (71,26), manga ‘Tommy Atkins’ (49,55), manga ‘Keitt’ (46,51), ‘acerola’ (4,22 – 7,45), goiaba ‘Paluma’ (18,87), ‘Rica’ (22,47) e ‘Pedro Sato’ (25,52) (BATISTA et al., 2015).

As condições de armazenamento não influenciaram no conteúdo de açúcares totais e redutores (Tabela 6), que, em média, apresentaram teor de 8,24% e 7,41%. Por sua vez, frutos da espécie *H. undatos* oriundos de Marialva-PR, quando armazenados a 5 °C e 65 a 46% UR, apresentaram redução em ambos os açúcares; também observado por GARCÍA-CRUZ et al. (2016) para frutos oriundos do México e armazenados por 10 dias a 26 °C (90% UR). O teor

de açúcares totais está próximo ao observado para pitiaia *H. polyrhizus* (8,79%) e *H. undatos* (8,83%), que, por sua vez, apresentam conteúdos de açúcar redutor de 5,56 e 2,67%, respectivamente (CORDEIRO et al., 2015; SANTOS et al., 2016), inferior aos do presente trabalho. Esses resultados são importantes do ponto de vista do sabor, pois a alta proporção dos açúcares redutores, na ordem de 89,93%, do total dos açúcares confere à pitiaia características desejáveis na promoção do sabor.

Tabela 6. Teor médio de açúcar total e redutor da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

Tempo de Armazenamento	Variável	
	Açúcares Totais (%)	Açúcar Redutor (%)
Colheita	7,95a ¹	7,56a
5 dias	8,59a	7,08a
8 dias	8,30a	7,02a
11 dias	7,71a	7,17a
14 dias	8,66a	8,19a
Média	8,24	7,41
DMS	1,59	2,07

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

Houve efeito significativo do tempo de armazenamento para vitamina C ($p < 0,01$), antocianinas totais ($p < 0,01$), flavonoides ($p < 0,05$), polifenóis extraíveis totais ($p < 0,05$), betaxantinas (Tempo e extrato) ($p < 0,01$) e atividade antioxidante total (ATT) ($p < 0,01$); e interação significativa entre os diferentes tipos de extrato e tempo para as betacianinas ($p < 0,05$) (Tabela 3 e 4A, do Apêndice).

A vitamina C variou durante o armazenamento, observando conteúdo de 21,42; 18,51; 12,54; 27,11 e 18,11 mg/100 g na colheita, aos 5, 8, 11 e 14 dias, respectivamente (Figura 6A). O conteúdo de vitamina C pode aumentar, diminuir e até mesmo permanecer constante durante o armazenamento (CERQUEIRA-PEREIRA et al., 2007), conforme temperatura de armazenamento e do tempo, por sua vez, pode ser acentuada conforme mudanças na

atmosfera ao redor dos frutos principalmente pela presença do oxigênio que atua degradando-a (BRUNINI; CARDOSO, 2011; CARVALHO et al., 2016).

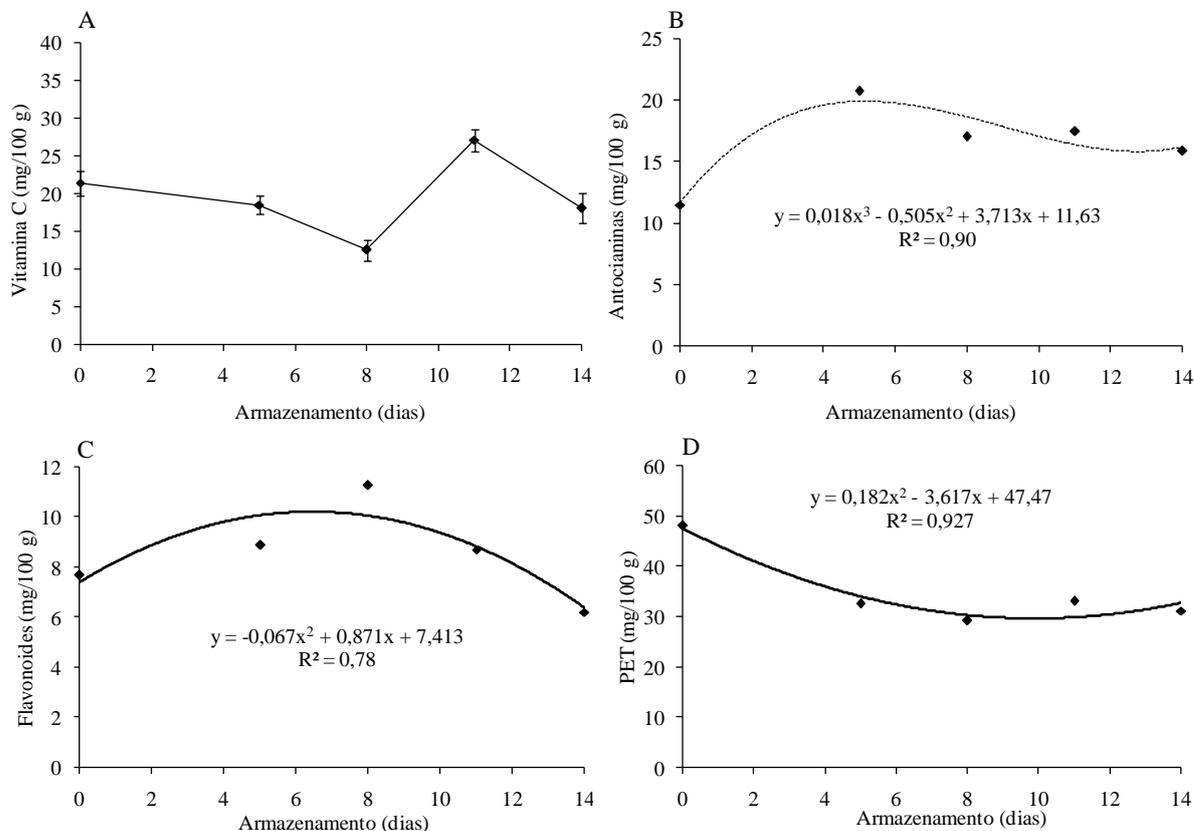


Figura 6. Vitamina C (A), antocianinas totais (B), flavonoides (C) e polifenóis extraíveis totais (PET) (D) da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

Brunini e Cardoso (2011) também observaram variação de vitamina C para pitaya *H. undatus*, produzida em Itajobi-SP, conteúdo de 29,92; 30,18; 27,38; 26,41 e 29,96 mg/100 g aos 5; 10; 15; 20 e 25 dias, respectivamente; tendência a acréscimo, seguido de queda com posterior incremento ao final do armazenamento a 13 °C. As cactáceas, em geral, apresentam baixo teor de vitamina C (VAILLANT et al., 2005), porém dentre as espécies de pitaya a de polpa vermelha se destaca com maior conteúdo, como reportado por Abreu et al. (2012), com valores de 20,69 mg/100 g para *H. polyrhizus* e de 17,73 mg/100 g para *H. undatus* e corroborado por Choo e Yong (2011). O teor de vitamina C é importante fator na nutrição humana e elevadas quantidades são desejáveis para o suprimento da dieta do organismo (BRUNINI; CARDOSO, 2011), espécie com conteúdo considerado é vantajoso, o que pode

ser obtido em genótipos de pitaia do gênero *Hylocereus* (26 a 58 mg/100 g) (ESQUIVEL et al., 2007).

As antocianinas tenderam a aumentar com o armazenamento, observado maior teor no 6° dia (19,80 mg/100 g), seguido de redução (Figura 6B). Esse comportamento também foi observado para flavonoides que atingiram conteúdo máximo no 6° dia de armazenamento (10,23 mg/100 g) (Figura 6C), o que pode ter proporcionado maior saturação de cor para casca dos frutos e ter favorecido o acréscimo de saturação da polpa durante o armazenamento (Figura 4A e B). Apesar de o conteúdo de antocianinas ser considerado baixo, esses valores estão próximo aos presentes em açaí (21,23 mg/100 g), morango (21,69 mg/100 g) (TEXEIRA et al., 2008) e acerola (18,9 mg/100g) (RUFINO et al., 2010), consideradas boas fontes de antocianinas. Por sua vez, o conteúdo de flavonoides destacou-se quando comparado às pitaias *S. megalanthus* (0,88 mg/100 g), *S. setaceus* (2,97 mg/100 g), *H. undatus* (2,12 mg/100 g) e *H. costaricensis* (6,03 mg/100 g) (LIMA et al., 2013), oriundos de Planaltina-DF e aos frutos de *H. polyrhizus* cultivado em Taiwan, com conteúdo de 7,21 mg/100 g (WU et al., 2006).

Era de se esperar que a pitaia apresentasse alto conteúdo de antocianinas devido à sua coloração vermelho-púrpura, o que, no entanto, não ocorreu para os frutos do presente trabalho, estando sua ausência relacionada à presença de betacianinas, que, em pitaia vermelha, proporciona a cor característica (WU et al., 2006; GÁRCI-CRUZ et al., 2013), pigmento que sobressai às antocianinas, principalmente em cactáceas, não ocorrendo juntas em uma mesma espécie (ZAINOLDIN; BABA, 2009).

Para betacianinas, os diferentes extratores apresentaram diferença na extração desse pigmento (Tabela 7) e durante o tempo de armazenamento (Tabela 4A, do Apêndice) (Figura 7). A extração com álcool a 80% destacou-se com maior conteúdo de betacianinas, com conteúdo médio de 58,23 mg/100 g (10,13% a mais), o que pode também ser observado para as betaxantinas, em que, quando extraídas a 80%, apresentaram maior conteúdo (94,06 mg/100 g), seguido de álcool 70% (83,52 mg/100 g) e da água (75,76 mg/100 g) (Tabela 7). Comportamento corroborado por Priatni e Pradita (2015), que também observaram maior extração de betacianinas com solução metanólica quanto àquelas extraídas em água.

Tabela 7. Conteúdo de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida à extração a água, etanol a 70 e 80%.

Extrator ²	Betacianinas	Betaxantinas
	-----mg/100g-----	
H ₂ O	52,36b	75,76b ¹
Etanol 70%	58,00a	83,52b
Etanol 80%	58,46 ^a	94,06a
Média	56,28	84,44
DMS	4,15	7,79

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²H₂O – água; Etanol 70% - etanol:água 70:30; Etanol 80% - etanol:água 80:20.

Considerando o tempo de avaliação, as betacianinas, em média, apresentaram conteúdo de 73,35 mg/100 g na colheita e de 48,91 mg/100 g ao final do armazenamento, redução de 49,98% (Figura 7A). Esse comportamento também foi observado para as betaxantinas (Figura 7B), com maior conteúdo na colheita (106,66 mg/100 g) e de menor (75,27 mg/100 g) no 12º dia de armazenamento, redução na ordem de 29,34%. O conteúdo de betaxantinas sobressaíram aos de betacianinas, comportamento também observado por GARCÍA-CRUZ et al. (2013).

As betacianinas e betaxantinas são pigmentos que proporcionam cor atraente, com estabilidade em várias gamas de pH, temperatura e alto valor nutricional (MIZRAHI, 2014), o que aponta a pitiaia como excelente alternativa como corante natural; atualmente já utilizados comercialmente como corantes naturais em alimentos (ESQUIVEL; QUESADA, 2012). Alterações de temperatura, luz e pH podem proporcionar a degradação de betacianinas (RESHMI et al., 2012; PRIATNI; PRADITA, 2015; SÁNCHEZ-CHÁVEZ et al., 2015), principalmente durante o armazenamento. Pode-se inferir que pitaias produzidas na região semiárida brasileira apresentam alto conteúdo de betacianinas e betaxantinas, principalmente, quando comparados ao conteúdo reportado por GARCÍA-CRUZ et al. (2013), 28,6 a 47,0 mg/100 g para frutos vermelhos e laranja, respectivamente, oriundos de Tepexi de Rodríguez, Mexico; e aos reportados por Vaillant et al. (2005), variação de 32 a 41 mg/100 g, para diferentes cultivares de pitiaia em Nicaragua.

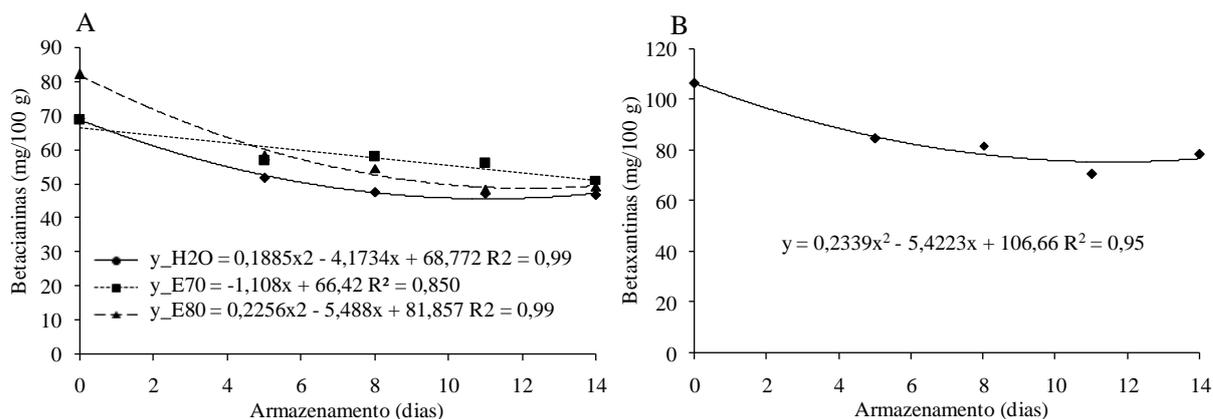


Figura 7. Betacianinas em diferentes extratores (A)¹ e betaxantinas (B) da pitaiia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente ($25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \pm 5\%$ UR). ¹y_H2O - água; y_E70 - Etanol 70% (etanol:água 70:30); e y_E80 - Etanol 80% (etanol:água 80:20).

Para os polifenóis extraíveis totais (PET), observou-se redução durante o armazenamento (Figura 6D), de 47,47 mg/100 g para 29,7 mg/100 g, no 11º dia, uma redução na ordem de 37,43%. O conteúdo de PET sobressai aos reportados por Choo e Yong (2011) (24,22 mg/100 g) e Fu et al. (2011) (27,52 mg/100 g) para frutos oriundos da Malásia e China, respectivamente. Também se destaca quando comparados a diferentes espécies de pitaiia produzidas em Planaltina-DF, conteúdo de 12,31 mg/100 g para *S. megalanthus*; 15,81 mg/100 g para *S. setaceus*; 17,28 mg/100 g para *H. undatus* e de 23,15 mg/100 g para *H. costaricensis* (LIMA et al., 2013). Os compostos fenólicos se reduzem durante o amadurecimento (SANTOS et al., 2016), podendo decorrer de processos bioquímicos, degradação e variação ambiental.

A atividade antioxidante total (AAT) foi influenciada pelo armazenamento, apresentando inicialmente um pequeno aumento até o 3º dia, com AAT de 1,52 g de Trolox/100 g de fruto, com posterior redução até o 11º dia de armazenamento (1,07 g de Trolox/100 g) (Figura 8). Esse pequeno aumento no início do armazenamento pode ser devido ao aumento no conteúdo de antocianinas e flavonoides que ocorreu até o 6º dia de armazenamento (Figura 6B e C), por serem estes compostos correlacionados a AAT de muitos frutos (RUFINO et al., 2010; SARMENTO et al., 2015); por sua vez, a redução pode está associado ao decréscimo dos PET e das betacianinas e betaxantinas (Figura 6D, 7A e 7B), por estes estarem associado a ATT em pitaiia (WU et al., 2006). Comportamento também observado por Obenland et al. (2016) para pitaiias armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

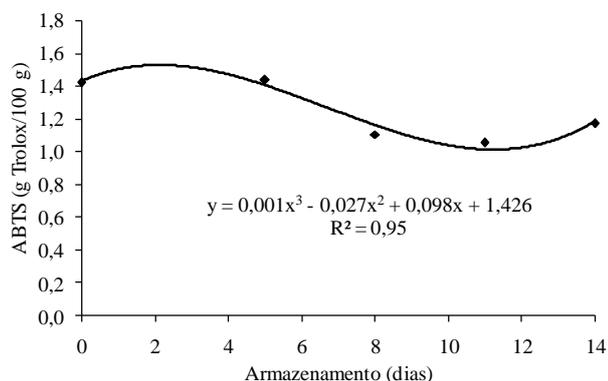


Figura 8. Atividade antioxidante total pelo método ABTS da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente ($25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \pm 5\%$ UR).

A AAT do presente trabalho foi próxima ao observada por Fu et al. (2011) ($2,18 \text{ } \mu\text{mol}$ de trolox/g) para pitáia coletada em supermercado na China, por sua vez, inferior ao obtido por Wu et al. (2006) ($28,3 \text{ } \mu\text{mol}$ de Trolox/g) e Beltrán-Orozco et al. (2009) ($11,0 \text{ } \mu\text{mol}$ trolox/g para pitáia vermelha, $16,8 \text{ } \mu\text{mol}$ trolox/g para amarela e $17,3 \text{ } \mu\text{mol}$ trolox/g para branca). Pitaias oriundas de pomares comerciais onde recebem tratamentos pré-colheita (adubação, irrigação, etc.), disponibilizando nutrientes e água adequada para seu desenvolvimento, apresentaram menor AAT (BELTRÁN-OROZCO et al., 2009), ao passo que frutos oriundos de plantas de ocorrência espontânea apresentam maior AAT (WU et al., 2006); corroborando com outros estudos que apontam ser os compostos bioativos, responsáveis pelo potencial antioxidante, sintetizados em maiores quantidades quando a planta é submetida ao estresse (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando comparado a AAT da pitáia a de outros frutos tradicionais e não tradicionais (RUFINO et al., 2010), pode-se inferir que a da pitáia é baixa. Entretanto, Abreu et al. (2012), ao avaliarem AAT pelo método do sistema betacaroteno/ácido linoléico, relataram que a pitáia possuía alta capacidade antioxidante, o que pode estar associado ao alto teor de betacianinas presente na pitáia de polpa vermelha (WU et al., 2006; KIM et al., 2011). Entretanto, no presente trabalho foi verificada baixa AAT, o que pode ser explicado pelo método de ABTS, que pode não ser o mais adequado para medir a capacidade antioxidante para pitáia e/ou as condições de cultivo de um pomar comercial, em que as plantas são submetidas a pouco estresse, sendo necessários estudos subsequentes com diferentes métodos de captura de radicais livres que comprovem capacidade antioxidante relatada na literatura.

Contudo, a literatura mencionam que a AAT da pitiaia é moderada a alta, o que pode ser considerada uma importante fonte de fitoquímicos (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; SONG et al., 2016), que, combinados com outros alimentos vegetais, têm uma variedade de mecanismos de ação, incluindo efeitos sobre a atividade antioxidante e os radicais livres (WOLFE et al., 2008), benéficos para a saúde humana (WANG et al., 2017).

De acordo com a correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a AAT (Tabela 8), pode ser observado que houve correlações significativas entre a atividade antioxidante total e os polifenóis extraíveis totais e as betacianinas, o que indica que estes compostos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante da pitiaia. Beltrán-Orozco et al. (2009) e Wu et al. (2006) atribuem a AAT em pitiaia as betalaínas, já Kim et al. (2011) e Vaillant et al. (2005) observaram correlação direta entre o conteúdo fenólico e a AAT em pitiaia. Correlação entre compostos fenólicos e AAT também é observada por outros autores em diferentes frutos (RUFINO et al., 2010; SARMENTO et al., 2015).

Tabela 8. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

Parâmetro	R ¹
Vitamina C	-0,0760 ^{ns}
Antocianinas totais	-0,0527 ^{ns}
Flavonoides amarelos	0,3288 ^{ns}
Polifenóis extraíveis totais	0,8463**
Betacianinas	0,5359*
Betaxantinas	0,4362 ^{ns}

¹: ^{ns}; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

Tais resultados de qualidade indicam que, apesar de serem de espécies diferentes, os valores apresentados são semelhantes e/ou sobressaem aos presentes na espécie *H. undatus*, fruto de pitiaia mais cultivado e comercializado no mundo, o que pode favorecer a aceitabilidade da *H. polyrhizus* pelo consumidor e, por apresentar conteúdo de betacianinas e betaxantinas elevado, também pode constituir importante fonte de corantes para a indústria

alimentícia. Assim, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das regiões semiáridas, geralmente subdesenvolvidas, podendo abastecer os mercados com frutos de pitaia.

4 CONCLUSÃO

O armazenamento influenciou todas as variáveis analisadas, exceto para firmeza de polpa, luminosidade e ângulo hue da polpa e para os açúcares totais e redutores, permanecendo constante durante o armazenamento;

Pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) armazenada à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR) pode ser comercializada até o 12º dia, sem perdas na qualidade, momento em que apresenta também alta relação de SS/AT, rendimento de polpa, firmeza do fruto e considerável conteúdo de betacianinas e betaxantinas;

A pitaia é uma boa fonte de betacianinas e betaxantinas e sua atividade antioxidante está correlacionada com os polifenóis e as betacianinas.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. C.; 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 (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.

BASTOS, D. C.; PIO, R., SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. D.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.

BELTRÁN-OROZCO, M. C.; OLIVA-COBA, T. G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). **Agrociencia**, Texcoco, v. 43, n. 2, p. 153-162, 2009.

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

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, Série B).

CARVALHO, R. L.; CABRAL, M. F.; GERMANO, T. A.; CARVALHO, W. M.; BRASIL, I. M.; GALLÃO, M. I.; MIRANDA, M. R. A. Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 113, p. 29-39, 2016.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, M. A.; MELLO, S.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; DIAS, C. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 4, p. 590-583, 2007.

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

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, Tóquio, v. 2, n. 3, p. 418-25, 2011.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M. D.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. D. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

ENCISO, T. O.; ZAZUETA, M. E. I.; RANGEL, M. D. M.; TORRES, J. B. V.; ROMERO, M. V.; VERDUGO, S. H. Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 34, n. 1, p. 63-72, 2011.

ESQUIVEL, P.; QUESADA, Y. A. Pitahaya (*Hylocereus* sp.): fruit characteristics and its potential use in the food industry. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 3, n. 1, p. 113-129, 2012.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes. **Zeitschrift für Naturforschung**, Tübingen, v. 62, n. 9-10, p. 636-644, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiplecomparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lvras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982, 263 p.

FREITAS, S. T.; MITCHAM, E. J. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 257-262, 2013.

FU, L.; XU, B. T.; XU, X. R.; GAN, R. Y.; ZHANG, Y.; XIA, E. Q.; LI, H. B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, London, v. 129, n. 2, p. 345-350, 2011.

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**, Irapuato, v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; LUNA-MORALES, D. C. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, 2016.

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**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 62-69, 2006.

KIM, H.; CHOI, H. K.; MOON, J. Y.; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of Food Science**, Raleigh, v. 76, n. 1, p. C38-C45, 2011.

- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 1390-1393, 1997.
- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, France, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.
- LI, X.; LONG, Q.; GAO, F.; HAN, C.; JIN, P.; ZHENG, Y. Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 124, p. 1-7, 2017.
- LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.
- LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.
- LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). In: LOPES, J. F. **Cucurbitáceas**: informativo agropecuário. Belo Horizonte: [s.n.], 1982. p. 61-65.
- MAGAÑA, W.; BALBÍN, M.; CORRALES, J.; RODRÍGUEZ, A.; SAUCEDO, C. Principales características de calidad de las pitahayas (*Hylocereus undatus* haworth), frigoconservadas en atmósferas controladas. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, La Habana, v. 15, n. 2, p. 52-58, 2006.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.
- MINOLTA CORP. **Precise Color Communication**: Color Control from Feeling to Instrumentation. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007.
- MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaiá-vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 762-766, 2011.
- NERD, A.; MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 99-105, 1999.
- NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; MELO SILVA, S.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaiá (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 90-98, 2014.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 74, n. 2, 209-215, 1997.

OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.

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

PRIATNI, S.; PRADITA, A. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **Procedia Chemistry**, v. 16, p. 438-444, 2015.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RESHMI, S. K.; ARAVINDHAN, K. M.; SUGANYADAVI, P. The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in basella alba fruit. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, Jaipur, v. 4, n. 3, p. 107-110, 2012.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SANTOS, M. R. P. V.; CASTRO, J. C.; MARDIGAN, L. P.; WATANABE, R.; CLEMENTE, E. Caracterização físico-química e enzimática de frutos de pitaia (*Hylocereus undatus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1: p. 2081-2095, 2016.

SARMENTO, J. D. A.; MORAIS, P. L. D.; SOUZA, F. I.; MIRANDA, M. R. A. Physical-chemical characteristics and antioxidant potential of seed and pulp of *Ximenia americana* L. from the semiarid region of Brazil. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 20, p. 1743-1752, 2015.

SCHWARTZ, S. J.; VON ELBE, J. H. Quantitative determination of individual betacyanin pigments by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 3, p. 540-543, 1980.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, W.; CORTEZ-ARREDONDO, J.; SOLANO-CORNEJO, M.; VIDAURRE-RUIZ, J. Inética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 6, n. 2, p. 111-118, 2015.

SILVA, A. C. C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

SONG, H.; ZHENG, Z.; WU, J.; LAI, J.; CHU, Q.; ZHENG, X. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **PloS one**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research and Technology**, v. 216, n. 4, p. 303-311, 2003.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ªed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TREZZINI, G. F.; ZRÝB, J. P. Characterization of some natural and semi-synthetic betaxanthins. **Phytochemistry**, France, v. 30, n. 6, p. 1901-1903, 1991.

VAILLANT, F.; VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, France, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005.

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 23-38, 2014.

WANG, H.; GUO, X.; HU, X.; LI, T.; FU, X.; LIU, R. H. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food Chemistry**, London, v. 217, p. 773-781, 2017.

WOOLF, A.; HOA, T. T.; CHAU, N. M.; JACKMAN, R.; CLARK, C. **HortResearch & SOFRI - Dragon Fruit Assessment Manual**. 2006. 23 p.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, 2008.

WU, L.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

YAH, A. R. C.; PEREIRA, S. S.; VELOZ, C. S.; SAÑUDO, R. B.; DUCH, E. S. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 60, p. 361-366, 2009.

CAPÍTULO IV

ARMAZENAMENTO REFRIGERADO E COMPOSTOS BIOATIVOS DA PITAIA

(*Hylocereus polyrhizus*)

RESUMO

O presente trabalho propôs avaliar o potencial de conservação pós-colheita, qualidade e potencial antioxidante da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR). O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação durante o armazenamento (ocasião da colheita - 0, 7, 14, 22 e 32 dias), com quatro repetições de dois frutos cada. Os frutos foram colhidos totalmente maduros e transportados para o laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), onde foram selecionados e submetidos às análises físicas, físico-químicas e químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante (ABTS). A pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) armazenada sob refrigeração (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR) manteve uma boa aparência, os açúcares totais (8,06%) e redutores (7,55%), de relação SS/AT (78,11) e rendimento de polpa (82,77%) ao final do armazenamento, podendo ser comercializada por até 32 dias, sem perdas na qualidade; momento em que também apresentaram elevada firmeza do fruto (40,03 N) e polpa (3,89 N) e de conteúdo de betacianinas (58,00 mg/100 g) e betaxantinas (91,97 mg/100 g). A atividade antioxidante da pitiaia está correlacionada com as antocianinas, aos polifenóis e as betacianinas.

Palavras-chave: Vida útil pós-colheita. Conservação. Alimentos funcionais. Atividade antioxidante.

REFRIGERATED STORAGE AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF PITAYA
(Hylocereus polyrhizus)

ABSTRACT

This work had for purpose to evaluate the postharvest storage potential, quality and antioxidant potential of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) and submitted to cool storage (10 ± 1 °C and $95 \pm 5\%$ UR). The experimental design was completely randomized (DIC). The treatments were evaluated for storage times (harvest time - 0, 7, 14, 22 and 32 days), with four replicates of two fruits each. The fruits were harvested completely matured and transported to the Post-Harvest Physiology Laboratory of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), where they were selected and submitted to physical, physicochemical and chemical analysis, bioactive compounds and antioxidant activity (ABTS). The pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) stored under refrigeration (10 ± 1 °C and $95 \pm 5\%$ RH) maintained a good appearance, the sugar content (8.06% for totals and 7.55% for reducing) and provided a higher SS/AT ratio at the end of storage (78.11), and could be marketed for up to 32 days without loss of quality; at which time they also presented high firmness of the fruit (40.03 N) and pulp and pulp (3.89 N) and high content of betacyanins (58.00 mg/100 g) and betaxanthines (91.97 mg/100 g). The antioxidant activity proved to be correlated with anthocyanins, polyphenols and betacyanins.

Key-words: Post-harvest shelf life. Conservation. Functional foods. Antioxidant activity.

1 INTRODUÇÃO

A pitáia é nativa da América Tropical e Subtropical, varia do Sul do México para o norte do Sul América, pertence ao grupo de frutíferas consideradas promissoras para o cultivo (LUDERS; MCMAHON, 2006; MOREIRA et al., 2012). Conhecida também por pitahaya, red pitaya, dragon fruit, dentre outras, é da família Cactacea e distribuída por todo o continente americano (ZEE et al., 2004; ARIFFIN et al., 2009; ORTIZ-HERNANDÉZ; CARILLO-SALAZAR, 2012).

Muitos frutos e espécies cultivadas são referidos como pitáia, podendo-se, entretanto, agrupá-las em quatro gêneros principais: *Stenocereus* Britton & Rose, *Cereus* Mill., *Selenicereus* (A. Berger) Riccob e *Hylocereus* Britton & Rose (BRITTON; ROSE, 1963; NERD et al., 2002; LE BELLEC et al., 2006), diferenciando-se em forma, tamanho, cor, número, tamanho das brácteas e teor de sólidos solúveis (CASTILLO-MARTÍNEZ et al., 2005).

No Brasil, as espécies do gênero *Hylocereus* são as de maior importância econômica e com maior potencial para exploração, principalmente para a região semiárida do Brasil, por apresentarem características de rusticidade, eficiência no uso da água e produzir frutos de qualidade o ano inteiro. Dentre essas espécies com grande potencial de produção e comercialização, encontra-se a *H. polyrhizus* Britton & Rose, caracterizada por apresentar casca vermelha e polpa vermelho-púrpura com inúmeras sementes (LE BELLEC et al., 2006).

Pesquisas incluem a pitáia no grupo dos frutos não climatérios (NERD; MIZRAHI, 1999; LI et al., 2017), que atingem a melhor qualidade quando colhidos maduros (FREITAS; MITCHAM, 2013). Por apresentar características de fruto tropical, as condições de armazenamento devem ser adequadas para tal, pois a maioria não tolera exposição a temperaturas abaixo de 10 °C (EL-RAMADY et al., 2015).

Para que o fruto de determinada espécie seja colocado no mercado, é necessário caracterizar as transformações que ocorrem após a colheita (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Quando se pretende atingir o mercado externo, como é o caso da pitáia, é necessária a utilização de tecnologias pós-colheita para prolongar a vida útil. O uso da refrigeração é uma das tecnologias mais eficientes e utilizadas para prolongar a vida útil pós-colheita dos frutos, pois reduz a intensidade dos seus processos metabólicos, tornando-os mais atrativos e aptos ao consumo por maior tempo.

O armazenamento de pitáia em condições ambiente ocasiona rápida perda de qualidade dos frutos, deteriorando-se rapidamente, sendo geralmente armazenados a

temperaturas de 14 °C ou abaixo para retardar a ocorrência de alterações indesejáveis (GARCÍA-CRUZ et al., 2016; OBERLAND et al., 2016). Segundo Mizrahi (2014), a temperatura mínima para armazenar pitaia é de 10 °C, uma vez que são sensíveis a danos por frio, alguns clones podem ter uma vida de prateleira de 26 dias, sendo estes 21 dias a 10 °C seguido por 5 dias a 20 °C. Por outro lado, frutos armazenados a 6 °C e transferido para ambiente a 20 °C são suscetíveis a danos por frio (NERD et al., 1999).

Para pitaia *H. undatus* cultivada na Califórnia, a melhor temperatura de armazenamento foi de 5 °C (FREITAS; MITCHAM, 2013), em São Paulo, Brasil, em temperaturas de 8 e 13 °C a vida útil da pitaia pode ser estendida até 25 dias (BRUNINI; CARDOSO, 2011). Os compostos químicos, bioativos e atividade antioxidante de frutos oriundos de Marialva-PR apresentaram queda após 12 dias mantidos sob refrigeração (5 °C ± 1 °C e 65% UR máxima e 46% UR mínima). Por sua vez, frutos oriundos do Vietnã, armazenados por três semanas a 5 °C, apresentaram quase nenhuma perda de sabor e qualidade externa aceitável (HOA et al., 2006). Entretanto, são desconhecidos dados, até o momento, sobre o comportamento da pitaia submetida ao armazenamento refrigerado, oriundas do Nordeste brasileiro, onde a produção é destinada para grande região de Fortaleza-CE, Mossoró-RN e São Paulo-SP, sendo transportada aproveitando a cadeia de frio do melão e mamão, bem estabelecido na região, que normalmente utilizam temperaturas que variam de 10 a 13 °C.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de conservação, qualidade e potencial antioxidante da pitaia de polpa vermelho-púrpura (*H. polyrhizus*) oriunda do semiárido do nordeste brasileiro e submetida ao armazenamento refrigerado por 32 dias (10 ± 1 °C e 95 ± 5% UR).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras e instalação do experimento

Os frutos de pitaia, espécie *H. polyrhizus*, com casca (epicarpo) de cor vermelha e polpa vermelho-rosa (vermelho-púrpura) foram obtidos de um pomar comercial com três anos de implantação localizado no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, município de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil (05° 08' 62'' S e 37° 59' 55'' W), semiárido brasileiro. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é "BSwh", isto é, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro; e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). As condições climáticas da região correspondente aos meses reprodutivos à colheita (maio a agosto de 2014) foram: umidade relativa de 68,77%; temperatura média de 26,64 °C e precipitação de 59,80 mm (Estação meteorológica da UEPE – Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Tecnológica/Chapada do Apodi, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Limoeiro do Norte).

Os frutos foram colhidos manualmente, pela manhã, em estágio de maturação utilizado para comercialização (coloração da casca vermelha uniforme em todo o fruto). Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita de Frutos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN. No laboratório, os frutos passaram por um processo de seleção, sendo descartados aqueles que apresentavam danos por cortes, abrasões, ataques de insetos ou animais. Posteriormente, os frutos foram acomodados em bandejas de poliestireno (23,5 x 18,0 x 1,5 cm) e armazenados em câmara refrigerada à temperatura de 10 ± 1 °C e $90 \pm 5\%$ umidade relativa (UR), momento em que se deu a instalação do experimento.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituindo os tratamentos pelos tempos de avaliação (Colheita – 0, 7, 14, 22 e 32 dias) em armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $90 \pm 5\%$ UR), com quatro repetições de dois frutos cada. Para as análises de betacianinas e betaxantinas, considerou-se o experimento em DIC em esquema fatorial 3 x 5, sendo o primeiro fator constituído por três tipos de extrator (Água, álcool 70% e álcool 80%) e o segundo, por cinco tempos de avaliação refrigerada.

Os frutos foram submetidos às avaliações físicas de qualidade, em seguida a polpa, contendo as sementes, foi separada da casca (epicarpo) após corte transversal no fruto, de forma manual com auxílio de facas de aço inoxidável. A fração polpa (mesocarpo +

sementes) foi homogeneizada em homogeneizador de tecidos tipo Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany), formando uma única amostra, acondicionadas em potes de plástico e armazenadas em freezer a temperatura de - 23 °C para posteriores análises.

2.2 Características físicas

Foi determinado o diâmetro longitudinal (mm), transversal (mm) e espessura de polpa (mm) utilizando um paquímetro digital (Shan, China); formato do fruto, obtido pelo cálculo da relação entre o diâmetro longitudinal e transversal, classificando-os em: comprimido ($RF < 0,9$), esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$), oblongo ($1,1 < RF \leq 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$) (LOPES, 1982); massa fresca do fruto (g) (utilizou-se balança analítica); rendimento de polpa (%), obtido por diferença entre a massa total do fruto e sua massa da casca; e teor de umidade (%) por gravimetria e constou da pesagem de 100 g da polpa em bandejas de alumínio previamente taradas e aquecidas em estufa a 105 °C até peso constante, segundo Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (2002).

A aparência externa dos frutos foi determinada por três avaliadores treinados, usando uma escala de notas subjetiva variando de 4 a 0 (zero), de acordo com a severidade de defeitos presente na superfície do fruto (murchamento das brácteas – escamas – curvando-as em direção ao fruto, mudanças na cor, depressões, manchas e/ou ataque de microorganismo, aqui definidas como defeitos), onde: de 4 – 3,1 corresponderam a frutos em ótimas condições de comercialização (menos de 5% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); 3 – 2,1 frutos em boas condições (5 a 25% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); 2 – 1,1 frutos em condições razoáveis (26 a 50% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito); e 1 - 0 frutos sem condições de comercialização (mais de 51% da superfície do fruto e brácteas – escamas – com defeito). A nota limite considerada para descarte das frutas como não comercializável foi a inferior a 1,5. Escala de notas para aparência foi adaptada de Woolf et al. (2006) (HortResearch & SOFRI Dragon Fruit Assessment Manual) e de Brunine e Cardoso (2011).

A coloração da casca e polpa foi expressa em L (luminosidade – brilho, claridade ou refletância), C* (croma – saturação ou intensidade da cor) e °h (ângulo Hue – tonalidade) (Commission Internationale de L'Eclairage) (MINOLTA, 2007), com auxílio de um colorímetro digital de bancada (CR-410, Minolta®). As leituras na casca foram determinadas aleatoriamente em dois pontos equidistantes na região equatorial e para a coloração da polpa,

pós-corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas.

A firmeza do fruto e da polpa foi determinada utilizando texturômetro *Texture Analyser*®, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon (*Stable Micro Systems Ltd.*, Surrey, Inglaterra) com célula de carga de 10 kg. Utilizou-se probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 6 mm (modelo P/6), as velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 2 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, e distância de penetração de 30 mm. Foram realizadas duas medições equidistante uma em cada região equatorial do fruto e para polpa, pós-corte transversal do fruto, foram determinadas no centro de ambas as partes seccionadas, considerando a média entre elas. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.3 Características físico-químicas e químicas

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de potenciômetro de leitura direta (Modelo mPA-210 Tecnal®, Brasil) devidamente padronizado com soluções tampão pH 7,0 e pH 4,0 (AOAC, 2002), em alíquotas de 5 g da polpa diluída em 50 mL de água destilada, que após a estabilização dos resultados, os dados foram expressos em valores reais pH (AOAC, 2002). A acidez titulável (AT) foi determinada por procedimento eletrométrico, utilizando-se 5 g da polpa transferida para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água, em seguida realizando a titulação com solução de NaOH 0,1 N, até atingir pH de 8,2 (AOAC, 2002), usando um titulador automático (Titrette® modelo Class A precision by BRAND, USA), sendo os resultados expressos em mg de ácido málico/100 g de polpa. Os sólidos solúveis foram determinados com o suco homogeneizado da polpa após ser filtrada em tecido tipo organza em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan) (AOAC, 2002), os resultados foram expressos em porcentagem (%); e a relação SS/AT foi determinada pelo quociente entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os açúcares totais foram determinados pelo método de Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) (Vetec, Brasil), conforme Yemn e Willis (1954), a partir de 0,5 g das amostras para obtenção do extrato, deste tomada uma alíquota de 100 µL para realização das leituras em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) a 620 nm, sendo os resultados expressos em porcentagem (%). Os açúcares redutores pelo método de DNS segundo Miller (1959); o extrato foi obtido da diluição de 1 g da polpa, dois quais tomou-se 0,45 mL e a este volume adicionou 1,05 mL de água destilada e 1 mL de ácido

dinitrosalicílico (ácido 3,5-dinitro salicílico - DNS, Vetec, Brasil) a 1%, procedendo-se à reação em banho-maria a 100 °C por 5 minutos e resfriadas em banho de gelo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT)

A vitamina C foi determinada por titulometria com solução de 2,6 diclorofenol-indofenol a 0,02%, conforme metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Utilizou-se 2,5 g das amostras e diluídos para balão volumétrico de 100 mL com ácido oxálico 0,5%, 5 mL desta solução foram diluídos em água destilada até 50 mL e realizada a titulação em seguida, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de matéria fresca (MF).

Antocianinas totais e flavonoides amarelos foram determinados segundo Francis (1982). Amostras de 1 g foram misturadas a 50 mL da solução extratora (etanol 95 % - HCl 1,5 N na proporção 85:15), homogeneizadas por 2 minutos em Ultra-Turrax® (T25 - IKA, Germany) e armazenadas a 4 °C por 12 horas. A solução foi filtrada em papel Whatman n° 1 em frascos âmbar e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo UV-1600, Pró-Análise®, Brasil) em comprimento de onda de 374 nm para flavonoides com coeficiente de absorção de 76,6 mol/cm e 535 nm para as antocianinas com coeficiente de absorção de 98,2 mol/cm, sendo os resultados expressos em mg/100 g MF.

Para determinação do conteúdo de betacianinas e betaxantinas, utilizou-se extratos preparados a partir da homogeneização por 30 min e filtrado de 1 g da polpa e 10 mL dos solventes (água, etanol:água nas proporções 70:100 e 80:100). Utilizou-se o tampão citrato-fosfato 0,05 M pH 6,5 para diluição dos extratos, quando necessário, para que as leituras a 538 nm para betacianinas e de 480 nm para betaxantinas permanecessem entre 0,8 < A < 1,0 (STINTZING et al., 2003) e calculado conforme Schwartz e Von Elbe (1980) e Trezzini e Zrýd (1991).

2.4.1 Extratos para polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante total (AAT)

O procedimento desenvolvido por Larrauri et al. (1997) foi empregado e é descrito como se segue: 17,5 g das amostras foram pesados em tubos de centrífuga e sequencialmente extraídos com 10 mL de metanol/água (50:50, v/v) à temperatura ambiente durante 1 h. Os

tubos foram centrifugados a 10.000 rpm por 20 min e o sobrenadante recuperado. Em seguida, adicionou-se 10 mL de acetona/água (70:30, v/v) ao resíduo, à temperatura ambiente, extraiu-se durante 60 min e centrifugou-se. Extratos de metanol e acetona foram misturados em balão volumétrico, aferindo-se para 25 mL com água destilada. O extrato foi utilizado para determinar o conteúdo de polifenóis extraíveis totais e capacidade antioxidante.

Os polifenóis foram determinados por ensaio colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, conforme metodologia descrita por Obanda e Owuor (1997). As amostras foram submetidas à extração em metanol 50% e acetona 70%, tal como descrito por Larrauri et al. (1997). A determinação foi executada utilizando alíquotas de 150 µL dos extratos em tubos de ensaio e a eles foram adicionados 850 µL de água destilada, 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador de tubos (QL – 901, Vortex®) e deixada em repouso durante 30 min no escuro. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 700 nm, utilizando a curva padrão de ácido gálico 98% (doseada em 0, 10, 20, 30, 40 e 50 µg). Os resultados foram expressos como equivalentes de ácido gálico (GAE) mg/100 g MF.

2.4.2 Atividade antioxidante total – Ensaio ABTS^{•+}

A atividade antioxidante total (TAA) foi determinada utilizando 2,2-azinobis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid radical cation (ABTS^{•+}, Sigma), método descrito por Re et al. (1999). Antes do ensaio colorimétrico, as amostras foram submetidas a um procedimento de extração em metanol 50% e acetona 70% (LARRAURI et al., 1997). O radical ABTS^{•+} foi gerado por meio da reação da solução ABTS 7 mM com 140 mM de persulfato de potássio deixando no escuro à temperatura ambiente durante 16 h antes. Uma vez formado o radical ABTS^{•+}, diluiu-se com etanol até obter um valor de absorvância de 700 nm ± 0,05 a 734 nm. A leitura espectrofotométrica foi feita após 6 min a partir da mistura de 30 µL de extrato com 3 mL do radical ABTS^{•+}, utilizando o antioxidante sintético Trolox na concentração de 100 - 2000 µM em etanol para preparar a curva de calibração. Os resultados foram expressos em µmol de Trolox/g MF.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa “SISVAR 5.6” (FERREIRA, 2014), teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias e

regressão polinomial (linear e quadrática), selecionando os modelos de acordo com a significância do teste F e de seus respectivos coeficientes de determinação e o fenômeno biológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas

As pitaias utilizadas no experimento apresentaram massa média de 485,73 g, comprimento longitudinal de 95,53 mm e comprimento transversal de 94,16 mm, frutos mais arredondados (LIMA et al., 2014) e com maior massa fresca quando comparados aos de pitaias *H. undatos* (HOA et al., 2006; BRUNINE; CARDOSO, 2011), espécie mais cultivada, comercializada e de maior aceitação no mercado mundial. O peso dos frutos ficou dentro do aceitável atualmente para exportação (350 a 700 g por fruto) (WOOLF et al., 2006); atributos importantes, pois interferem na preferência do consumidor e afetam o rendimento do fruto.

Houve efeito significativo do tempo de armazenamento para aparência externa ($p < 0,01$), perda de massa fresca ($p < 0,01$), rendimento de polpa ($p < 0,01$), espessura de casca ($p < 0,01$), firmeza do fruto ($p < 0,05$) e firmeza de polpa ($p < 0,01$) da pitaias submetida ao armazenamento refrigerado ($10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 5\%$ UR) (Tabela 5A, do Apêndice).

As notas de aparência atribuídas aos frutos mantiveram valores máximos até o 21º dia de refrigeração, mantendo os frutos com aparência ótima com nota 3,1 (frutos com até 5% com murcha, brácteas levemente curva, perda de coloração característica e podridão nas escamas e superfície do fruto) (Figura 2A, do Apêndice). Após esse período, os frutos mantiveram notas de 2,4, o que os classifica como frutos de boa aparência com características adequadas para comercialização (Figura 9A). No entanto, na maioria dos mercados finais, a aparência é comprometida principalmente devido ao murchamento (MIZRAHI, 2014). Os principais defeitos que proporcionaram perda de qualidade da pitaias no presente trabalho foram as manchas, murchamento das brácteas com moderado curvamento e surgimento de coloração não característica em até 25% na superfície do fruto. Segundo Brunini e Cardoso (2011), a aparência externa de pitaias é influenciada pela temperatura e pelo tempo de armazenamento, havendo declínio na qualidade durante o armazenamento, devido principalmente à diferença de temperatura, por atuar acelerando o processo de respiração, ocasionando início da senescência. Tal característica constitui uns dos parâmetros de qualidade mais importante para frutos (KADER, 2001), fator que determina o valor comercial do produto, principalmente em frutos destinados ao mercado *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

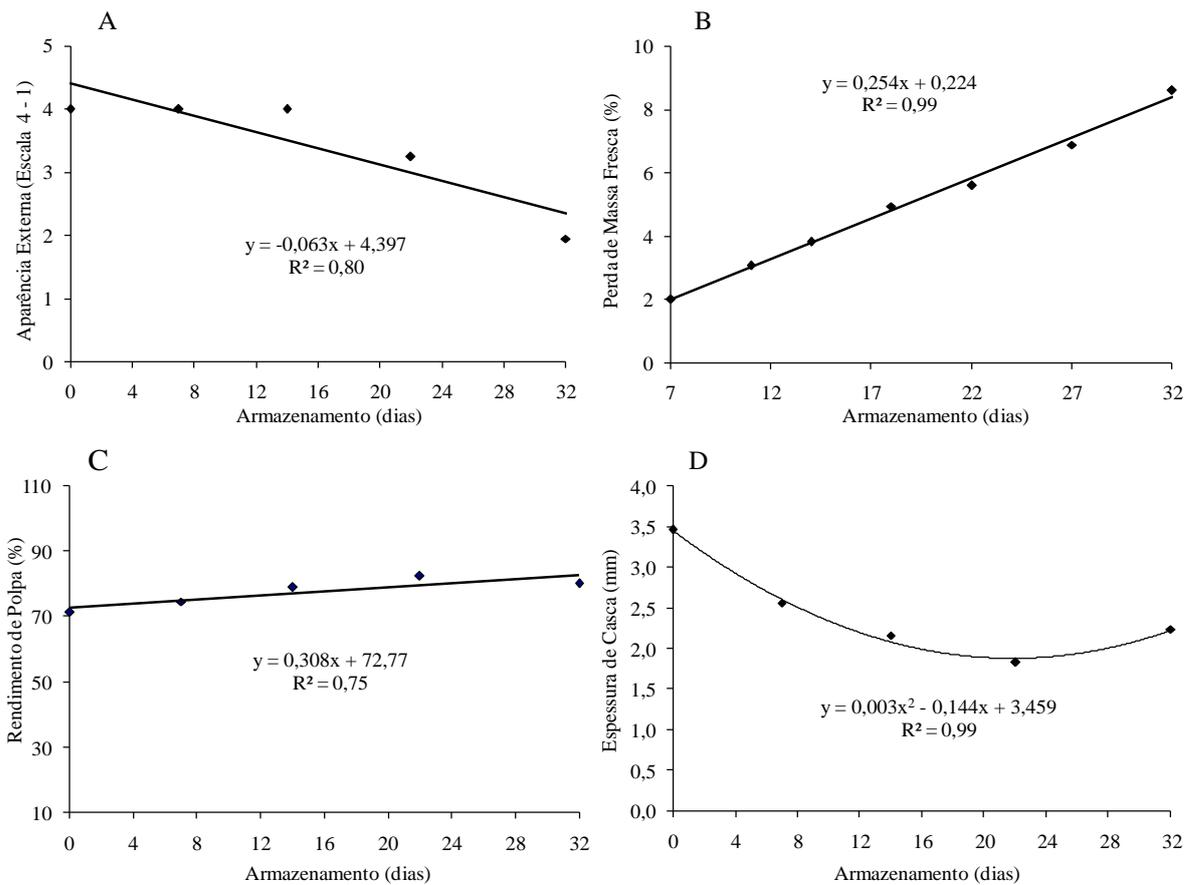


Figura 9. Aparência externa (A), perda de massa fresca (B), rendimento de polpa (C) e espessura de casca (D) do fruto da pitaiia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado ($10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ UR).

Para perda de massa fresca, os frutos atingiram valor máximo de 8,6% no 32º dia de armazenamento refrigerado (Figura 9B), abaixo das consideradas prejudiciais para a aparência dos frutos (acima de 10%) (CHITARRA; CHITARRA, 2005) devido ao seu enrugamento. Brunini e Cardoso (2011), avaliando a vida útil de pitaiia (*H. undatus*), observaram aos 25 dias de armazenamento a $13 \text{ }^\circ\text{C}$ maior perda de massa fresca 7,82%, superior ao do presente trabalho no mesmo período. Os mesmos autores mencionam que a perda de massa fresca durante o armazenamento dos frutos é fator limitante à comercialização e conservação, por causar desvalorização comercial, com enrugamento e murchamento da casca, apesar de muitas vezes a polpa estar em boas condições de consumo. Por sua vez, Hoa et al. (2006) observaram que a perda de massa de pitaiia *H. undatos* armazenadas por 2 a 4 semanas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ em sacos de polipropileno não foi significativa durante o tempo de armazenamento; comportamento também observado por Santos et al. (2016), em frutos avaliados aos 12 dias mantidos sob refrigeração ($5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e 65% UR máxima e 46% UR mínima).

Para rendimento de polpa, observou-se aumento linear durante o período de armazenamento (Figura 9C). No dia da colheita, os frutos apresentaram rendimento de polpa de 72,77% e ao final do armazenamento de 82,77%, acréscimo de 11,93% no rendimento, o que pode estar associado à perda de massa fresca (Figura 9B) e com a redução da espessura de casca (Figura 9D) na ordem de 36,98%. Segundo Abreu et al. (2012), a diminuição da casca pode ser explicada devido ao gradiente de pressão osmótica, resultante da maior concentração de açúcares da polpa em relação à casca, que favorece o deslocamento de água da casca para a polpa do fruto na maturação. Por sua vez, pode ter favorecido o baixo teor de massa fresca perdida durante o armazenamento, não prejudicando a aparência da pitáia.

O fruto da pitáia apresenta grande quantidade de polpa quando comparada a outras cactáceas, e esta característica pode ser interessante tanto para o consumo *in natura* como para o processamento do produto (CORDEIRO et al., 2015). Um rendimento de 71% foi observado em frutos oriundos da Nicarágua (VAILLANT et al., 2005), de 63,37% da Malásia (LIM et al., 2010), de até 81,03% para frutos oriundos do Estado do Pará (SATO et al., 2014); e de 75,25% de Minas Gerais (CORDEIRO et al., 2015); um rendimento médio de 75,1% do peso total foi observado para 21 acessos de pitáia das espécies *H. undatus* e *S. setaceus* oriundas do Cerrados (UnB/Embrapa), Brasil (LIMA et al., 2014).

A casca de pitáia pode constituir 21,1 a 31,9% de toda a fruta (LIMA et al., 2014), que atualmente é descartada e, conseqüentemente, perde-se quantidade considerável de pectina, pigmento de betacianina e fibra alimentar total, pois a casca da pitáia pode ser utilizada como boa fonte destes nutrientes e corante natural (BAKAR et al., 2011).

Para firmeza do fruto, observou-se redução durante o armazenamento. Na colheita, os frutos apresentaram valores médio de 51,45 N e ao final do armazenamento valores de 40,03 N (Figura 10A), redução na ordem de 22,20%, o que torna o fruto menos resistente a impactos e danos mecânicos que por ventura possam acometê-los durante o shelf-life (vida útil). Declínio da firmeza também foi observado por Brunini e Cardoso (2011) em frutos armazenados a 8 e 18 °C, sendo influenciada pela temperatura e tempo de armazenamento. Valores de 44,31N foram obtidos em pitáia de polpa vermelha completamente madura (CORDEIRO et al., 2015).

A perda de firmeza é um fenômeno associado à degradação de componentes da parede celular durante a maturação do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Embora os frutos tenham sido coletados na maturidade de consumo, a variação de firmeza indica que a modificação de polissacarídeos nas células da lamela média e parede primária pode continuar mesmo na fase de senescência (GARCÍA-CRUZ et al., 2016). Estes autores, avaliando as

características morfológicas e físicas de pitaia de diferentes espécies, mencionam que, em geral, apresentam consistência macia, que os tornam suscetíveis a danos mecânicos e a perda de turgescência pode ter papel importante na redução da consistência mecânica do tecido do fruto. Assim sendo, é de suma importância que variedades possuam frutos mais firmes, proporcionando uma maior resistência a danos e, possivelmente, maior vida útil.

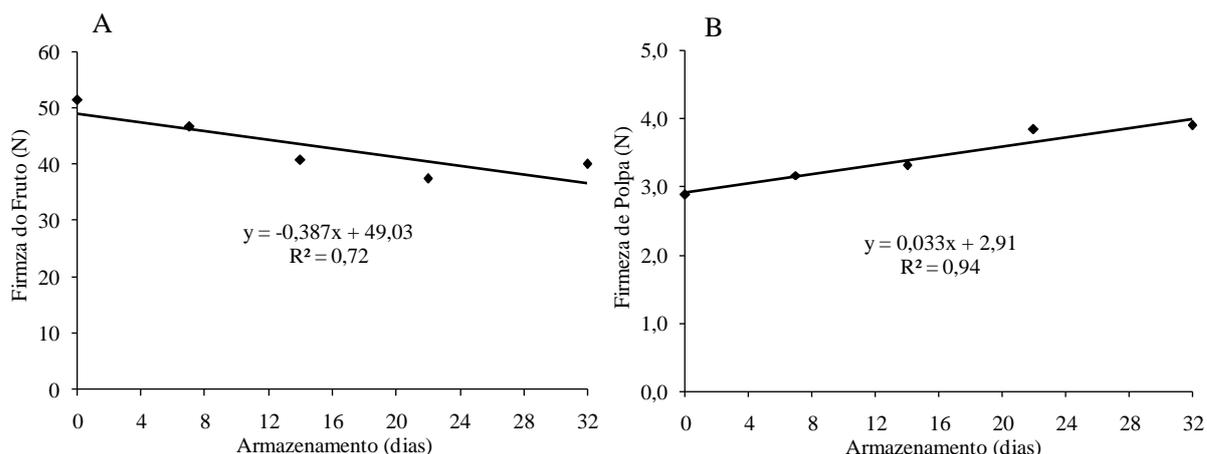


Figura 10. Firmeza do fruto (A) e de polpa (B) da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

Para firmeza de polpa, houve aumento durante o armazenamento refrigerado (Figura 10B), valores de 2,88 N na colheita e de 3,16; 3,31; 3,84; 3,89 N aos 7, 14, 22 e 32 dias, respectivamente, com acréscimo na ordem de 26,01% ao final do armazenamento. O aumento de firmeza de polpa também foi observado por Brunini e Cardoso (2011) em pitaia armazenada a 13 °C durante 25 dias a 85-90% de UR; tal comportamento pode estar associado a um fenômeno de secagem do epicarpo originado por perda de água (GARCÍA-CRUZ et al., 2016), que ocasionou murchamento e flacidez dos frutos, dificultando a penetração da ponteira do penetrômetro (BRUNINI; CARDOSO, 2011). Resultados mostram uma variação na firmeza de polpa de 6,16 N (MENEZES et al., 2015), 6,3 N (YAH et al., 2008), 13,7 N (HOA et al., 2006), de 1,14 a 1,87 N (GARCÍA-CRUZ et al., 2016), para frutos de diferentes espécies de pitaia quando completamente maduros.

Houve efeito significativo para todas as variáveis de cor da casca (luminosidade, cromaticidade e ângulo hue) ($p < 0,05$) (Tabela 6A, do Apêndice). Em média, verificou-se para a cromaticidade, ângulo hue e luminosidade valores de 40,31; $^{\circ}21,12$ e 47,08

respectivamente. No 19° dia de armazenamento, os frutos apresentaram maior saturação da cor (43,20) e na colheita o menor (35,95) (Figura 11A).

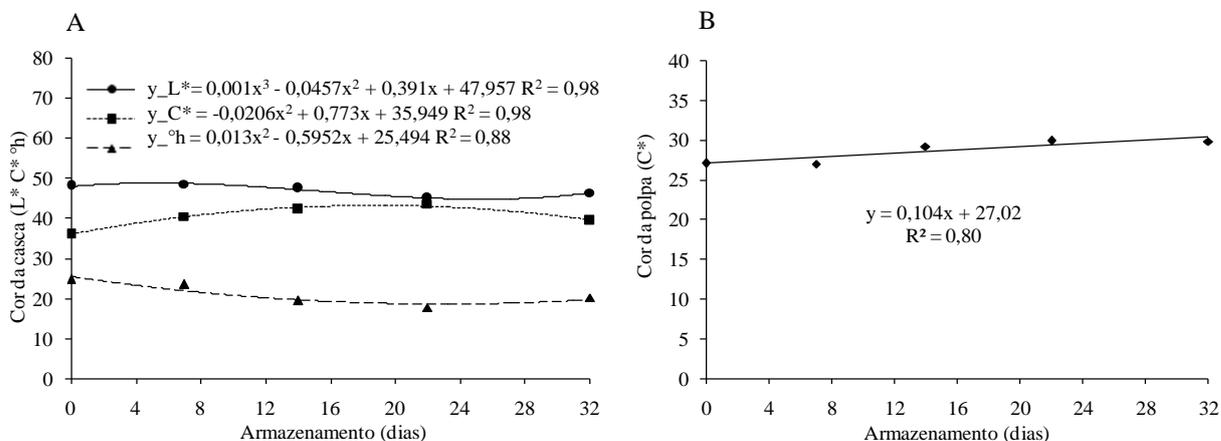


Figura 11. Luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo hue (°h) da casca (A) e cromaticidade da polpa (B) do fruto da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e 95 ± 5% UR).

O ângulo hue teve tendência a diminuir durante o armazenamento, observando menor valor (18,70°) no 24° dia, partindo de uma predominância de coloração vermelho brilhante (25,49°) a vermelho intenso (19,75°). A cor da casca é variável durante o armazenamento, apresentando redução nos valores de ângulo hue gradualmente desde o vermelho-alaranjado, vermelho e vermelho púrpura (CRUZ et al., 2015), comportamento semelhante foi visto para luminosidade, onde houve um discreto escurecimento (redução do brilho da casca), com menor valor (44,81) no 25° (polpa avermelhada) (Figura 11A), com coloração mais escura e com brilho reduzido. Segundo Obenland et al. (2016), a luminosidade de quatro variedades de pitaya declinaram, indicando ligeiro escurecimento na cor, aumento de croma e diminuição do ângulo hue, quando armazenamento a 10 °C.

Quanto à coloração da polpa, houve efeito significativo (p<0,01) apenas para o croma (Tabela 6A, do Apêndice), ocorrendo aumento durante o armazenamento refrigerado (Figura 11B). Em média, foram observados valores de 28,6; 1,21° e 27,6 de cromaticidade, ângulo hue e Luminosidade, respectivamente. Com base nos valores de croma, as polpas de pitaya, ao final do armazenamento, apresentam-se com maior intensidade de saturação da cor (Figura 11B). Para *H. polyrhizus*, o acúmulo de pigmentos na polpa ocorre em paralelo com o desenvolvimento da coloração da casca (Figura 3A), apresentando tonalidade vermelha tendendo a cor púrpura (roxa) (Figura 2A, do Apêndice), que são as cores atribuídas a um

leque de tons entre o vermelho e o azul, corroborando com dados da literatura para essa espécie (NERD et al., 2002; STINTZING et al., 2002; LE BELLEC et al., 2006; OBENLAND et al., 2016).

Os valores de cromaticidade e ângulo hue da polpa apresentaram-se próximos aos observados por Chik et al. (2011), com valores respectivos de 27,8 e 3,10° para *H. polyrhizus* oriundas da Malásia, coloração propriamente vermelha intenso. Já Cordeiro et al. (2015) apresentaram pitais produzidas em Janaúba-MG com valores de 38,89 e °14,25 de cromaticidade e ângulo hue, respectivamente, apresentando cor intermediária entre vermelho e amarelo. Portanto, os frutos do presente trabalho apresentam com maior saturação de cor, o que os torna mais atrativos quanto à aparência. Essa tendência da cor vermelho-púrpura encontrada para as polpas de pitaia pode ser considerada um interessante atrativo para o seu uso como ingrediente em outros alimentos (MIZRAHI, 2014; SATO et al., 2014), sendo as betacianinas os pigmentos mais importantes em proporcionar tonalidade vermelho-púrpura (STINTZING et al., 2004; GARCÍA-CRUZ et al., 2013).

3.2 Características físico-químicas e químicas

Para as análises físico-químicas, observou-se efeito significativo durante o armazenamento refrigerado para sólidos solúveis ($p < 0,01$), acidez titulável ($p < 0,01$), relação SS/AT ($p < 0,01$) e pH ($p < 0,01$). Já os açúcares totais e redutores não diferiram durante o armazenamento ($p > 0,05$) (Tabela 7A, do Apêndice).

O maior teor de sólidos solúveis foi obtido em frutos na colheita (12,84%) e menor ao final do armazenamento (10,22%) (Figura 12A), uma redução na ordem de 20,44%.

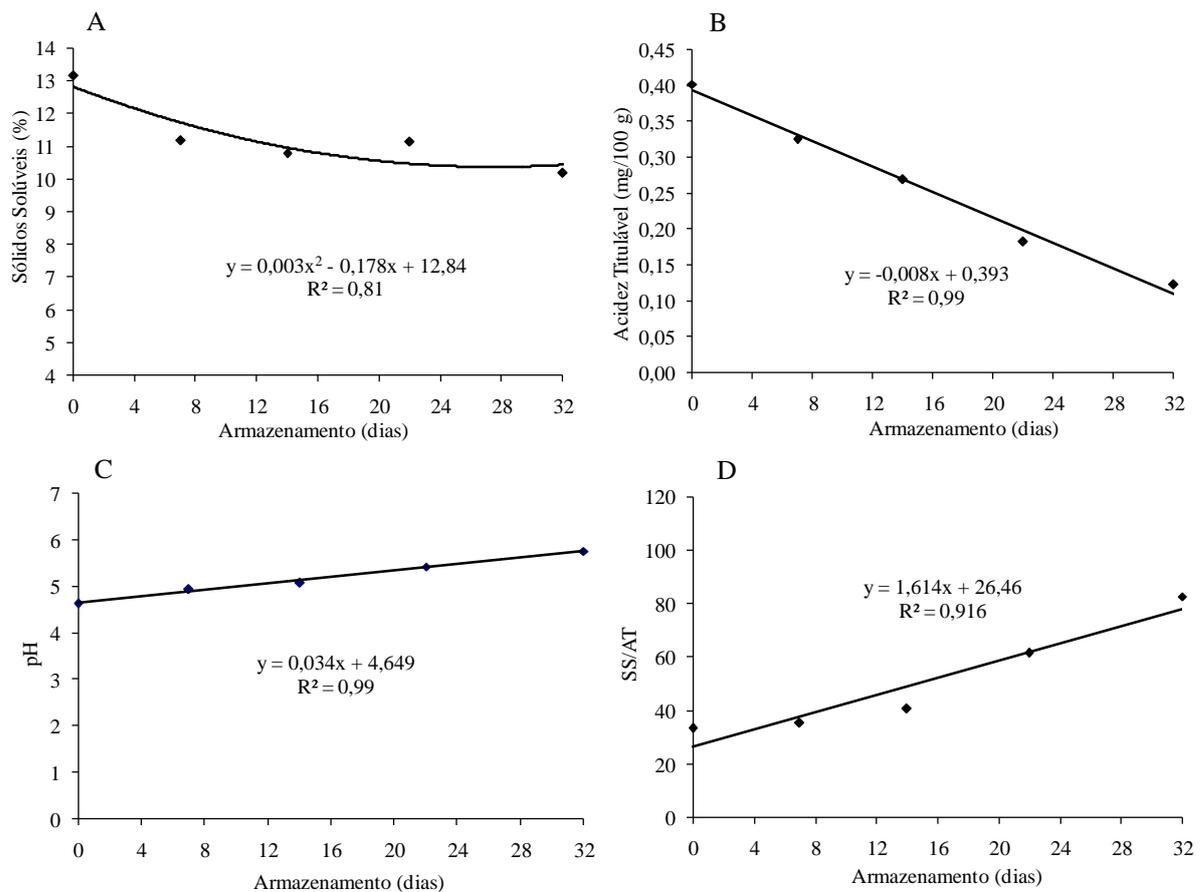


Figura 12. Sólidos solúveis - SS (A), acidez titulável - AT (B), pH (C) e relação SS/AT (D) da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

Para sólidos solúveis, os resultados aqui apresentados estão próximos aos reportados por García-Cruz et al. (2016), que observaram teores de 9 a 11% para diferentes espécies de pitaias, por Obenland et al. (2016), os quais observaram teores de 10,89 a 13,29% para diferentes cultivares; por Cordeiro et al. (2015), teor de 13,14% para *H. polyrhizus*; por Enciso et al. (2011) e Yah et al. (2008), que observaram teores de 11,6 a 13,6% para *H. undatus*. Uma menor temperatura de armazenamento proporciona menor redução do teor de sólidos solúveis (OBENLAND et al., 2016), por proporcionar diminuição nos processos metabólicos, podendo verificar redução na ordem de 25,91 e 24,17% no teor de sólidos solúveis de pitaya *H. undatos* armazenada a 18 e 13 °C durante 15 e 25 dias, respectivamente (BRUNINI; CARDOSO, 2011).

Houve redução da acidez titulável durante o armazenamento (Figura 12B), sendo observado conteúdo de 0,39; 0,34; 0,28; 0,22; 0,14 mg de ácido málico/100 de polpa na ocasião da colheita, aos 7; 14; 22 e 32 dias de armazenamento, respectivamente. Observou-se

redução na acidez de 65,14%, corroborada pelo comportamento observado para pH, em que a redução na acidez refletido no aumento do pH ao longo do armazenamento, obtendo valores de 4,64 na colheita e de 5,76 no 32° dia de armazenamento (Figura 12C), acréscimo de 19,49%. Redução na acidez de 79,50% foi observada por Freitas e Mitcham (2013) para pitáia também armazenada a 10 °C. Na colheita, os frutos apresentaram conteúdo de 0,36 mg/100 g e de 0,074 após 20 dias armazenados a 10 °C.

Estudos mostram que pitáias frescas apresentam, em geral, baixo conteúdo de acidez total (0,07 a 0,36 mg/100 g) (BRUNINI; CARDOSO, 2011; MOREIRA et al., 2011; ABREU et al., 2012; FREITAS; MITCHAM, 2013; CORDEIRO et al., 2015), ocorrendo declínio durante o armazenamento (NERD et al., 2002), que pode ser acelerado dependendo das condições de armazenamento (BRUNINI; CARDOSO, 2011), decorrente da utilização dos ácidos orgânicos como fonte de energia pelos frutos na respiração (HUAN et al., 2017), os quais influenciam na cor, sabor, odor e na qualidade das frutas (LIMA et al., 2013).

Segundo García-Cruz et al. (2016), embora a taxa de respiração em pitáia exibisse valores relativamente baixos, este parece suficiente para promover a redução no teor de sólidos solúveis e da acidez, como pode ser observado na figura 12A e 12B, respectivamente. Esse comportamento pode também ser observado para o pH (Figura 12C), dados corroborados por Abreu et al. (2012) (pH de 4,88), Lima et al. (2013) (pH 4,8 a 5,7), Cordeiro et al. (2015) (pH de 5,32) e por Santos et al. (2016) (pH de 4,61 e 5,13).

A redução da acidez resultou em acréscimo de 195,19% na relação SS/AT durante o armazenamento no 32° dia, passando de 26,46 no dia da colheita para 78,11 ao final do armazenamento (Figura 12D). Esses valores de SS/AT foram superiores aos obtidos em pitáia (*H. polyrhizus*) (45,31) produzidas em Minas Gerais região semiárida (CORDEIRO et al., 2015) e em São Paulo (51,90) (*H. undatus*) (BRUNINI; CARDOSO, 2011), assim como em diferentes genótipos de pitáia (21,35 a 40,9) estudados por Obenland et al. (2016). Quando comparada a outros frutos comerciais, a relação SS/AT da pitáia é maior do que a encontrada para manga ‘Van Dyke’ (71,26), manga ‘Tommy Atkins’ (49,55), manga ‘Keitt’ (46,51), acerola (4,22 – 7,45), goiaba ‘Paluma’ (18,87), ‘Rica’ (22,47) e ‘Pedro Sato’ (25,52) (BATISTA et al., 2015).

Os açúcares totais e redutores não diferiram ao longo do armazenamento, em média apresentaram teores de 8,06 e 7,53%, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9. Teor médio de açúcar total e redutor da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

Tempo de Armazenamento	Variável	
	Açúcares Totais (%)	Açúcar Redutor (%)
Colheita	7,95a ¹	7,56a
7 dias	7,79a	7,31a
14 dias	7,96a	7,45a
22 dias	8,77a	8,17a
32 dias	7,82a	7,29a
Média	8,06	7,55
DMS	1,43	1,32

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A proporção de açúcares redutores presentes na polpa pode ser considerada elevada (93,67%) em relação aos açúcares totais, uma característica desejável em frutos porque confere doçura ao produto. Uma redução no teor de açúcares totais e redutores foi relatada por Santos et al. (2016) durante o armazenamento por 12 dias (5 °C \pm 1 °C e 65% UR máx. e 46% UR min.) e também observada por García-Cruz et al. (2016) para frutos armazenados por 10 dias a 26 °C e 90% UR. Do ponto de vista do sabor, a manutenção dos teores de açúcares durante o armazenamento é benéfica e favorece a manutenção da qualidade do fruto. Teores médio para açúcares totais e redutores de 8,79 e 5,56% foram relatados para pitiaia *H. polyrhizus* (CORDEIRO et al., 2015) e de 2,67 e 8,83% para *H. undatus* (SANTOS et al., 2016), respectivamente.

Os resultados para as variáveis aqui analisadas (Figura 9; 10; 11 e 12 e Tabela 9) indicam que, apesar de serem de espécies diferentes, os valores são semelhantes a *H. undatus*, que é a pitiaia mais cultivada e comercializada no mundo, o que pode favorecer a aceitabilidade da *H. polyrhizus* produzida no semiárido brasileiro, pelo consumidor.

3.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

Não houve diferença estatística para flavonoides amarelos e atividade antioxidante total (ATT) durante o armazenamento ($p > 0,05$). Entretanto, foi observado efeito significativo do tempo de armazenamento para vitamina C ($p < 0,05$), antocianinas totais (ANT) ($p < 0,05$),

polifenóis extraíveis totais ($p < 0,01$) e betaxantinas (tempo e extrato) ($p < 0,01$), além de interação significativa entre os diferentes tipos de extratos e tempo para as betacianinas ($p < 0,01$) (Tabela 7 e 8A, do Apêndice).

Para o teor de vitamina C, o maior conteúdo foi constatado no 14º dia (23,34 mg/100 g) e o menor no 32º dia de armazenamento (17,67 mg/100 g) (Figura 13A), redução de 17,5% durante o período refrigerado.

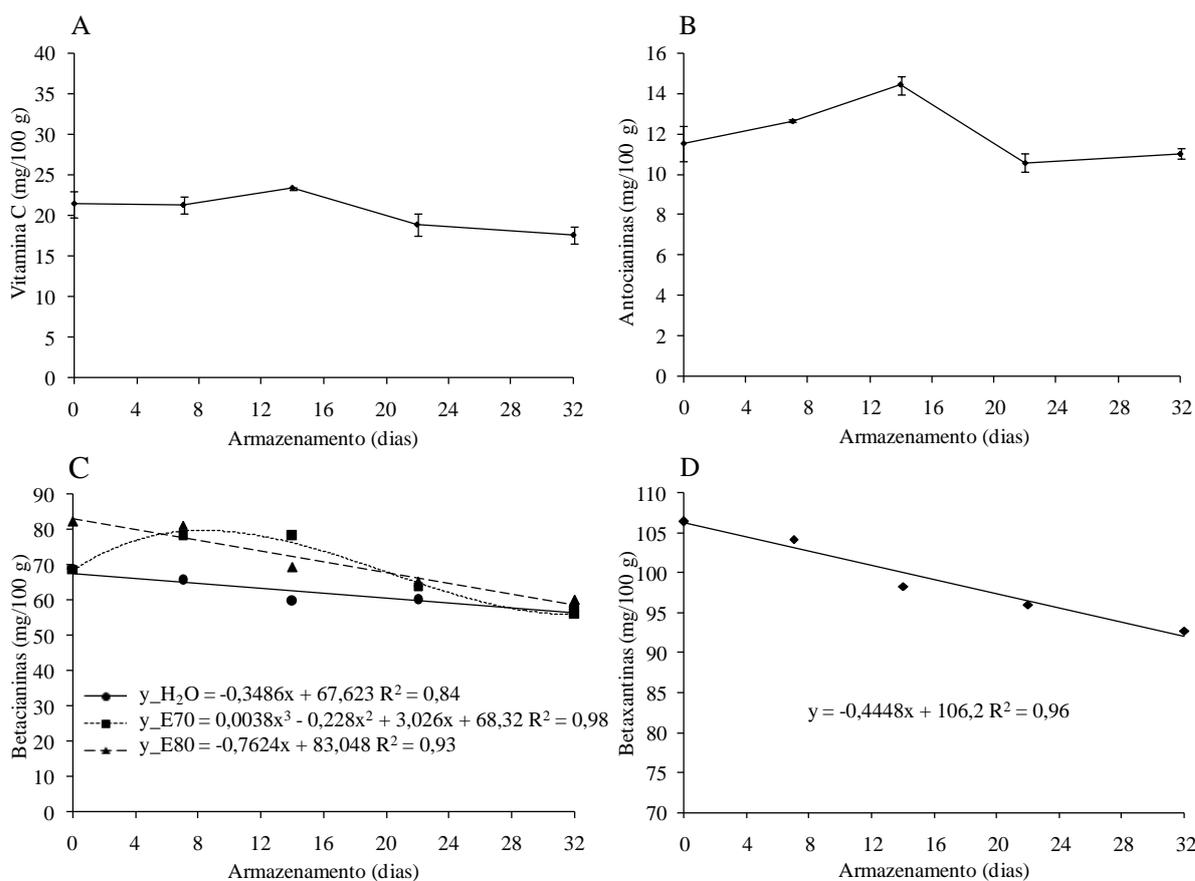


Figura 13. Vitamina C (A), antocianinas totais (B), betacianinas em diferentes extratores (C)¹ e betaxantinas (D) da pitaiia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e 95 ± 5 % UR). ¹y_H₂O - água; y_E70 - Etanol 70% (etanol:água 70:30); e y_E80 - Etanol 80% (etanol:água 80:20).

A redução do teor de vitamina C em função da temperatura de armazenamento e do tempo pode ser atribuída a mudanças na atmosfera ao redor dos frutos, principalmente devido ao oxigênio e à perda de água do fruto, o que pode ser minimizado com restrição de trocas gasosas inibindo a oxidação desse antioxidante (BRUNINI; CARDOSO, 2011; CARVALHO et al., 2016), a qual pode aumentar, diminuir e até mesmo permanecer constante durante o

armazenamento (CERQUEIRA-PEREIRA et al., 2007), comportamento semelhante ao observado por Brunini e Cardoso (2011) para pitáia *H. undatus* com tendência a acréscimo no início do armazenamento com ligeira redução ao final, maior conteúdo de 30,18 mg/100g e menor de 26,41 mg/100 g durante o armazenamento.

De acordo com Vaillant et al. (2005), a maioria das cactáceas é pobre em vitamina C, com valores que não ultrapassam 1,1 mg/100 g. Entretanto, Esquivel et al. (2007), avaliando diferentes genótipos de pitáia do gênero *Hylocereus*, observaram conteúdos de vitamina C variando de 26 a 58 mg/100g, sendo a variedade vermelha a que se destacava (CHOO; YONG, 2011; ABREU et al., 2012).

O conteúdo de antocianinas variou durante o armazenamento, aumentando até o 14º dia (14,14 mg/100 g), com posterior redução para 11,02 mg/100 g aos 32 dias (Figura 13B). O acréscimo até o 14º dia pode ser um dos fatores responsáveis por proporcionar maior saturação de cor para casca dos frutos no mesmo período de armazenamento (Figura 11A), bem como pode ter favorecido o aumento da saturação da polpa no decorrer do tempo (Figura 11B). Apesar de a pitáia possuir coloração vermelho-púrpura, o que indicaria elevado conteúdo de antocianinas presente no fruto, o mesmo não foi verificado no presente trabalho. Os valores de antocianinas da pitáia são menores do que de outros frutos, como açaí (21,23 mg/100 g), morango (21,69 mg/100 g) (TEXEIRA et al., 2008) e acerola (18,9 mg/100g) (RUFINO et al., 2010). Estudos com pitáia revelam que as betacianinas são os responsáveis pela sua coloração (TZE et al., 2012; GARCÍA-CRUZ et al., 2016) e que a ausência de antocianinas é atribuída à presença de betacianinas (WU et al., 2006), pois ambas não ocorrem juntas em uma mesma espécie (ZAINOLDIN; BABA, 2009; GONÇALVES et al., 2015).

As betacianinas apresentaram diferença entre os diferentes extratores (Tabela 10) e com o tempo de armazenamento (Figura 13C). O álcool extraiu um maior conteúdo de pigmentos (70,31 mg/100 g), 11,26% a mais do que quando submetido à extração com água. Considerando o tempo de avaliação, na colheita os frutos apresentaram, em média, 73,35 mg/100 g e no fim do armazenamento 57,91 mg/100 g, tendo uma redução de 21,05% no teor de betacianinas (Figura 13C). Comportamento também observado para as betaxantinas para os tipos de extratores (Tabela 10) e para o armazenamento (Figura 13D), com redução na ordem de 12,83%. Os valores de betaxantinas sobressaíram aos de betacianinas, um comportamento semelhante também observado por García-Cruz et al. (2013).

Tabela 10. Conteúdo de betacianinas e betaxantinas da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida à extração a água, etanol a 70 e 80%.

Extrator ²	Betacianinas	Betaxantinas
	-----mg/100g-----	
H ₂ O	62,39b ¹	90,16c
Etanol 70%	69,00a	97,88b
Etanol 80%	71,61a	110,54a
Média	67,67	99,53
DMS	4,56	9,60

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²H₂O – água; Etanol 70% - etanol:água 70:30; Etanol 80% - etanol:água 80:20.

Priatni e Pradita (2015) também observaram maior extração de betacianinas com solução metanólica do que com água. Esses frutos podem exibir maiores concentrações de betalaínas do que outros frutos de cactos (GÁRCI-CRUZ et al., 2013), pigmentos vegetais utilizados comercialmente como corantes naturais em alimentos (ESQUIVEL; QUESADA, 2012).

Segundo Azeredo (2009), a exploração comercial de frutos de cactos como fontes alternativas de corantes alimentares pode não só proporcionar um espectro de cores mais vasto do que a beterraba vermelhas em seus impactos sensoriais negativos, atualmente uma das principais fontes, mas também contribuir para o desenvolvimento sustentável das regiões semiáridas, geralmente subdesenvolvidas, que poderiam abastecer os mercados com frutos de cactos. Assim sendo, a pitiaia *H. polyrhizus*, além de constituir uma importante fonte de betalaínas, poderá vir a ser uma fonte alternativa de renda para agricultores da região semiárida, haja vista ser uma das espécies com maior eficiência no uso da água entre todas as frutíferas, característica imprescindível para a região.

Aumento de pH, temperatura e luz acelera a degradação de betacianinas (RESHMI et al., 2012; PRIATNI; PRADITA, 2015; SÁNCHEZ-CHÁVEZ et al., 2015). O conteúdo de betacianinas e betaxantinas do presente trabalho foi superior ao observado por García-Cruz et al. (2013), encontrando 28,6 a 47,0 mg/100 g para pitiaia vermelha e laranja, respectivamente, oriundas Tepexi de Rodríguez, Mexico; e por Vaillant et al. (2005) para diferentes cultivares de pitiaia em Nicarágua (32 a 41 mg/100 g) e, por sua vez, próximo ao observado por Castellar et al. (2003), conteúdo de 67,0 a 80,1 mg/100 g, para frutos de diferentes espécies de *Opuntia*, oriundos da região da Murcia, Espanha.

As condições de armazenamento não influenciaram no conteúdo de flavonoides amarelo da pitáia (Tabela 11), apresentando conteúdo médio de 7,85 mg/100 g de polpa. Lima et al. (2013) mencionam variação no teor de flavonoides de 0,88 a 6,03 mg/100 g em polpa de frutos e espécies comerciais e nativas de pitáia no Brasil, tendo a espécie *H. costaricensis* apresentado o maior conteúdo de flavonoides amarelos, diferenciando-se significativamente das demais espécies. A pitáia vermelha contém o maior conteúdo de flavonoides quando comparada à branca, e em ambas as espécies a maior concentração está presente na casca do fruto (KIM et al., 2011). O conteúdo de flavonoides de 7,21 mg/100 g para *H. polyrhizus* foi reportado em frutos cultivado em Taiwan (WU et al., 2006).

Tabela 11. Teor médio de flavonoides e atividade antioxidante total (AAT) da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

Tempo de Armazenamento	Variável	
	Flavonoides (mg/100 g)	AAT (ABTS) ($\mu\text{mol Trolox/g}$)
Colheita	7,69a ¹	1,42a
7 dias	9,03a	1,39a
14 dias	8,34a	1,37a
22 dias	7,70a	1,16a
32 dias	6,46a	1,15a
Média	7,85	1,30
DMS	6,33	0,56

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os polifenóis extraíveis totais (PET), observou-se redução durante o armazenamento (Figura 14), alcançando o menor conteúdo ao 24º dia (19,25 mg/100 g), e reduzindo mais da metade durante o armazenamento (59,41%). Apesar da redução, o fruto do presente trabalho manteve conteúdo médio de 29,50 mg/100 g, superior aos presentes em diferentes genótipos de pitáia: *S. megalanthus* (12,31 mg/100 g), *S. setaceus* (15,81 mg/100 g), *H. undatus* (17,28 mg/100 g), *H. costaricensis* (23,15 mg/100 g) (LIMA et al., 2013). Também se destaca quando comparamos a mesma espécie (*H. polyrhizus*) (21,0 mg/100 g) (LIM et al., 2007), (24,22 mg/100 g) (CHOO; YONG, 2011). Entretanto, é inferior ao reportado por García-Cruz et al. (2016) (53,59 a 70,77 mg/100 g) em pitáia vermelha. A redução no conteúdo de PET durante o armazenamento pode ser decorrente de diversos

fatores, como consumo de compostos por processos bioquímicos e de degradação (SANTOS et al., 2016). Tais diferenças também podem ser atribuídas à variação ambiental e/ou diferenças de fase de maturação dos frutos.

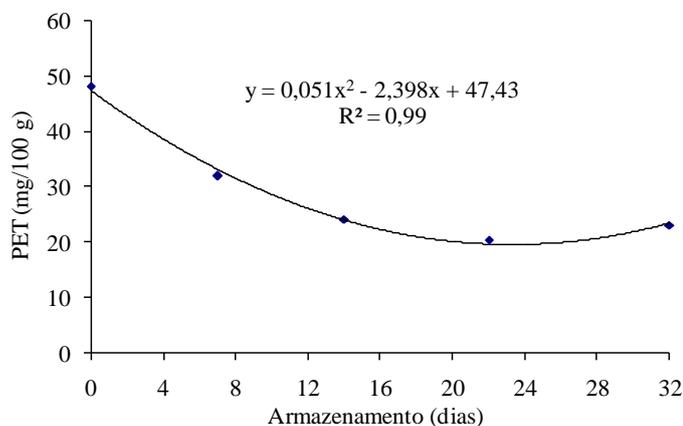


Figura 14. Polifenóis extraíveis totais (PET) da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

A atividade antioxidante total (AAT) não foi influenciada pelo armazenamento refrigerado, embora tenha havido pequena redução nos valores médios (Tabela 11). Mesmo tendo ocorrido redução nos teores de vitamina C, compostos fenólicos, flavonoides, betacianinas e nas betaxantinas nesse mesmo período, o que foi insuficiente para promover redução na AAT. Um comportamento semelhante também foi observado por Obenland et al. (2016) para pitaia armazenada a 10 °C, entretanto, foi observado ligeira redução na AAT quando armazenado a 5 °C. Quando comparado a AAT da pitaia a de outros frutos tradicionais e não tradicionais (RUFINO et al., 2010), pode-se inferir que a da pitaia é baixa. Entretanto, Abreu et al. (2012), avaliando AAT pelo método do sistema betacaroteno/ácido linoléico, relataram que a pitaia possuía alta capacidade antioxidante. Isto poderia estar associado ao alto teor de betacianinas presente na pitaia de polpa vermelha (WU et al., 2006). Talvez o método ABTS não seja o mais adequado para medir a capacidade antioxidante em pitaia e/ou as condições de cultivo que foi um pomar comercial, em que as plantas são submetidas a pouco estresse, sendo necessários estudos subsequentes com diferentes métodos de captura de radicais livres que comprovem capacidade antioxidante.

Contudo, a AAT em pitaia é considerada moderada a alta, importante fonte de fitoquímicos (GARCÍA-CRUZ et al., 2013; SONG et al., 2016), que, combinados com outros alimentos vegetais, têm uma variedade de mecanismos de ação, incluindo efeitos sobre a

atividade antioxidante, captura de radicais livres e infecção (WOLFE et al., 2008), benéficos para a saúde humana (WANG et al., 2017).

De acordo com a correlação de Pearson (Tabela 12) entre os compostos bioativos e a AAT, observamos correlações positivas significativas entre a atividade antioxidante total e as antocianinas totais, polifenóis e as betacianinas, o que indica que estes compostos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante da pitaiá. Kim et al. (2011) e Vaillant et al. (2005) mencionam a existência de correlação direta entre o conteúdo fenólico e a AAT. Beltrán-Orozco et al. (2009) e Wu et al. (2006) atribuem a AAT às betalainas. A correlação entre compostos fenólicos e AAT foi observada por outros autores em diferentes frutos tradicionais e não tradicionais brasileiros (RUFINO et al., 2010).

Tabela 12. Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total (ABTS) da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).

Parâmetro	r ¹
Vitamina C	0,1000 ^{ns}
Antocianinas totais	0,4776*
Flavonoides amarelos	0,4331 ^{ns}
Polifenóis extraíveis totais	0,7028**
Betacianinas	0,5143*
Betaxantinas	0,0249 ^{ns}

¹: ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

A pitiaia (*H. polyrhizus*) armazenada sob refrigeração (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR) manteve boa aparência, elevados teores de açúcares, de relação SS/AT e rendimento de polpa ao final do armazenamento, podendo ser comercializada por até 32 dias, sem perdas na qualidade, quando também apresentou elevada firmeza do fruto e de conteúdo de betacianinas e betaxantinas.

A atividade antioxidante da pitiaia está correlacionada com as antocianinas, os polifenóis e as betacianinas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C.; 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 (Impresso)**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 656-661, 2012.
- ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 2, p. 561-564, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.
- AZEREDO, H. Betalains: properties, sources, applications, and stability—review. **International Journal of Food Science & Technology**, Christchurch, v. 44, n. 12, p. 2365-2376, 2009.
- BAKAR, J.; MUHAMMAD, S.; KHARIDAH, S.; HASHIM, D. M. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 18, n. 1, p. 279-286, 2011.
- BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.
- BELTRÁN-OROZCO, M. C.; OLIVA-COBA, T. G.; GALLARDO-VELÁZQUEZ, T.; OSORIO-REVILLA, G. Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). **Agrociencia**, Texcoco, v. 43, n. 2, p. 153-162, 2009.
- BRITTON, N. L., ROSE, J. N. **The Cactaceae**: Descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. Dover publications: New York, USA, 1963.
- BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, Série B).
- CARVALHO, R. L.; CABRAL, M. F.; GERMANO, T. A.; CARVALHO, W. M.; BRASIL, I. M.; GALLÃO, M. I.; MIRANDA, M. R. A. Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 113, p. 29-39, 2016.

CASTILLO-MARTÍNEZ, R.; LIVERA-MUÑOZ, M.; MÁRQUEZ-GUZMÁN, G. J. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Agrociencia**, Texcoco, v. 39, n. 2, p. 183-194, 2005.

CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; PEREIRA, M. A.; MELLO, S.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; DIAS, C. Efeito da aplicação de etileno na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão vermelhos e amarelos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 4, p. 590-583, 2007.

CHIK, C. T.; BACHOK, S.; BABA, N. Quality characteristics and acceptability of three types of pitaya fruits in a consumer acceptance test. **Journal of Tourism, Hospitality & Culinary Arts**, Shah alam, v. 3, n. 1, 89-98, 2011.

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

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, Tóquio, v. 2, n. 3, p. 418-25, 2011.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M. D.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. D. Physical, chemical and nutritional characterization of pink pitaya of red pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 20-26, 2015.

CRUZ, J. A. M.; RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.; ORTIZ-PÉREZ, R.; FONSECA-FLORES, M. D. L. Á.; RUÍZ HERRERA, G.; GUEVARA-ERNÁNDEZ, F. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 36, p. 67-76, 2015.

EL-RAMADY, H. R.; DOMOKOS-SZABOLCSY, É.; ABDALLA, N. A.; TAHA, H. S.; FÁRI, M. Postharvest management of fruits and vegetables storage. In: **Sustainable agriculture reviews**, Springer International Publishing, 2015. p. 65-152.

ENCISO, T. O.; ZAZUETA, M. E. I.; RANGEL, M. D. M.; TORRES, J. B. V.; ROMERO, M. V.; VERDUGO, S. H. Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 34, n. 1, p. 63-72, 2011.

ESQUIVEL, P.; QUESADA, Y. A. Pitahaya (*Hylocereus* sp.): fruit characteristics and its potential use in the food industry. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, Valência, v. 3, n. 1, p. 113-129, 2012.

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes. **Zeitschrift für Naturforschung**, Tübingen, v. 62, n. 9-10, p. 636-644, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiplecomparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lvras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982, 263 p.

FREITAS, S. T.; MITCHAM, E. J. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 257-262, 2013.

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**, Irapuato, v. 68, n. 4, p. 403-410, 2013.

GARCÍA-CRUZ, L.; VALLE-GUADARRAMA, S.; SALINAS-MORENO, Y.; LUNA-MORALES, D. C. Postharvest quality, soluble phenols, betalains content, and antioxidant activity of *Stenocereus pruinosus* and *Stenocereus stellatus* fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 69-76, 2016.

GONÇALVES, L. C. P.; MARCATO, A. C.; RODRIGUES, A. C. B.; PAGANO, A. P. E.; FREITAS, B. C.; MACHADO, C. D. O.; BASTOS, E. L. Betalaínas: das cores das beterrabas à fluorescência das flores. **Revista Virtual de Química**, v. 7, p. 292, 2015.

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**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 62-69, 2006.

KADER, A. A. Quality assurance of harvested horticultural perishables. In: **IV International Conference on Postharvest Science 553**. 2001. p. 51-56.

KIM, H.; CHOI, H. K.; MOON, J. Y.; KIM, Y. S.; MOSADDIK, A.; CHO, S. K. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. **Journal of food science**, Raleigh, v. 76, n. 1, p. C38-C45, 2011.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

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

LI, X.; LONG, Q.; GAO, F.; HAN, C.; JIN, P.; ZHENG, Y. Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 124, p. 1-7, 2017.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, London, v. 103, n. 3, p. 1003-1008, 2007.

LIM, H. K.; TAN, C. P.; KARIM, R.; ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J. Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus* cacti seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 4, p. 1326-1331, 2010.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BELLON, G. Avaliação de características físico-químicas de frutos de duas espécies de pitaya. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 377, 2014.

- LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de pitaias comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.
- LOPES, J. F. Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino). In: LOPES, J. F. **Cucurbitáceas: informativo agropecuário**. Belo Horizonte: [s.n.], 1982. p. 61-65.
- LUDERS, L.; MCMAHON, G. The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*). **Agnote**, v. 778, p. 42, 2006.
- MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; COSTA, A. C.; NASSUR, R. D. C. M. R.; RUFINI, J. C. M. Características físicas e físico-químicas de pitaias vermelhas durante a maturação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 631-644, 2015.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.
- MINOLTA CORP. **Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation**. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007.
- MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaias-vermelhas com adubação orgânica e granulada bioclastica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 762-766, 2011.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; MARQUES, V. B.; SILVA, F. O. R. Cultivo da pitaias: implantação. **Boletim técnico**, Lavras, n. 92, p. 1-16, 2012.
- NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology** Amsterdam, v. 17, n. 1, 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**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 99-105, 1999.
- NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of Vine and Columnar Cacti. In: NOBEL, P. S. (org.). **Cacti: biology and uses**. University of California Press, 2002. p.185-197.
- OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 74, n. 2, 209-215, 1997.
- OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 15-22, 2016.

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

PRIATNI, S.; PRADITA, A. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **Procedia Chemistry**, v. 16, p. 438-444, 2015.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, Los Angeles, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RESHMI, S. K.; ARAVINDHAN, K. M.; SUGANYADAVI, P. The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in basella alba fruit. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, Jaipur, v. 4, n. 3, p. 107-110, 2012.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SANTOS, M. R. P. V.; CASTRO, J. C.; MARDIGAN, L. P.; WATANABE, R.; CLEMENTE, E. Caracterização físico-química e enzimática de frutos de pitaia (*Hylocereus undatus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1: p. 2081-2095, 2016.

SCHWARTZ, S. J.; VON ELBE, J. H. Quantitative determination of individual betacyanin pigments by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 3, p. 540-543, 1980.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, W.; CORTEZ-ARREDONDO, J.; SOLANO-CORNEJO, M.; VIDAURRE-RUIZ, J. Inética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 6, n. 2, p. 111-118, 2015.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. D. C. A.; SATO, M. K.; SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.1, n. 2, p. 46-56, 2014.

SONG, H.; ZHENG, Z.; WU, J.; LAI, J.; CHU, Q.; ZHENG, X. White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. **PloS one**, San Francisco, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. **Food Chemistry**, London, v. 77, n. 1, p. 101-106, 2002.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research and Technology**, v. 216, n. 4, p. 303-311, 2003.

STROHECKER, R.; HENINING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TREZZINI, G. F.; ZRÝB, J. P. Characterization of some natural and semi-synthetic betaxanthins. **Phytochemistry**, France, v. 30, n. 6, p. 1901-1903, 1991.

TZE, N. L.; HAN, C. P.; YUSOF, Y. A.; LING, C. N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. **Food Science and Biotechnology**, Incheon, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.

VAILLANT, F.; VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, France, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005.

WANG, H.; GUO, X.; HU, X.; LI, T.; FU, X.; LIU, R. H. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant and cellular antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium* spp.). **Food chemistry**, London, v. 217, p. 773-781, 2017.

WOOLF, A.; HOA, T. T.; CHAU, N. M.; JACKMAN, R.; CLARK, C. **HortResearch & SOFRI - Dragon Fruit Assessment Manual**. 2006. 23 p.

WOLFE, K. L.; KANG, X.; HE, X.; DONG, M.; ZHANG, Q.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 18, p. 8418-8426, 2008.

WU, L.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

YAH, A. R. C.; PEREIRA, S. S.; VELOZ, C. S.; SAÑUDO, R. B.; DUCH, E. S. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su desarrollo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 31, n. 1, p. 1-5, 2008.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, v. 60, p. 361-366, 2009.

ZEE, F.; YEN, C. R.; NISHINA, M. Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear). **Fruits and Nuts**, v. 9, s.n., p. 1-3, 2004.

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo das análises de variância dos dados de aparência externa (Escala 4 a 1), perda de massa fresca (%), firmeza do fruto (N), firmeza de polpa (N), rendimento de polpa (%) e espessura de casca (mm) do fruto da pitiaia (*Hylocereus polyrhzius*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM					
FV	GL	Aparência externa	Perda de massa	Rendimento de polpa	Espessura de casca	Firmeza do fruto	Firmeza de polpa
TRAT	4	5,2050**	70,493006**	114,404807**	1,836133**	148,908570*	0,056338 ^{ns}
ERRO	15	0,04650	0,771210	14,957437	0,131790	48,069945	0,047082
CV (%)	19	8,71	14,31	4,91	15,18	16,20	7,93

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2A. Resumo das análises de variância das variáveis de cor – luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo Hue (H°) da casca e polpa do fruto da pitiaia (*Hylocereus polyrhzius*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM					
FV	GL	L*Casca	C*Casca	H°Casca	L*Polpa	C*Polpa	H°Polpa
TRAT	4	24,134783**	87,659268**	78,016780**	20,073930 ^{ns}	19,819430*	0,462693 ^{ns}
ERRO	15	2,268623	9,432677	6.898505	4.673140	4.652207	0,797970
CV (%)	19	3,43	7,12	15,46	7,86	7,82	3,27

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3A. Resumo da anova para sólidos solúveis (SS) (%), acidez titulável (AT) (MG ác. málico/100 g), relação SS/AT, pH, açúcar solúvel total (AST) (%), redutores (AR) (%), vitamina C (Vit. C) (mg/100g), antocianinas totais (ANT) (mg/100g), flavonoides amarelos (FA) (mg/100g), polifenóis extraíveis totais (PET) (mg/100g) e atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS ($\mu\text{mol Trolox/g}$) da pitáia (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente ($25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM										
FV	GL	SS	AT	SS/AT	pH	AST (%)	AR	Vit. C	ANT	FL	PET	ABTS
TRAT	4	3,09054*	0,0410**	2641,2554**	0,7339**	0,6633 ^{ns}	0,9376 ^{ns}	112,92**	44,249**	10,428*	228,394*	0,1114**
ERRO	15	0,99576	0,001741	213,26158	0,02176	0,52938	0,8972	9,87259	2,51098	4,6236	74,7179	0,03249
CV (%)	19	8,34	17,35	24,97	2,82	8,83	12,79	16,08	9,68	25,07	24,87	14,90

¹ns; *; **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4A. Resumo da anova para betalaínas (Betacianinas e betaxantinas) da pitáia (*Hylocereus polyrhzius*) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR)¹.

Fonte de variação	GL	QM	
		Betacianinas	Betaxantinas
Extrato (E)	2	231,184052**	1687,513672**
Tempo (T)	4	1171,713164**	2149.432789**
E x T	8	69,343545*	38,343334 ^{ns}
ERRO	45	29,329902	103,189954
CV (%)		9,62	12,03

¹ns; *; **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5A. Resumo das análises de variância dos dados de aparência externa (Escala 4 a 1), perda de massa fresca (%), firmeza do fruto (N), firmeza de polpa (N), rendimento de polpa (%) e espessura de casca (mm) do fruto da pitiaia (*Hylocereus polyrhzius*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $90 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM					
FV	GL	Aparência externa	Perda de massa	Rendimento de polpa	Espessura de casca	Firmeza do fruto	Firmeza de polpa
TRAT	4	3,197**	20,69**	80,007467**	1,559063**	130,089767*	0,764882**
ERRO	15	0,08533	9,03	6,180615	0,082475	37,349170	0,035182
CV (%)	19	8,49	13,13	3,21	11,71	14,14	5,49

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 6A. Resumo das análises de variância das variáveis de cor – luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo Hue (H°) da casca e polpa do fruto da pitiaia (*Hylocereus polyrhzius*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM					
FV	GL	L*Casca	C*Casca	H°Casca	L*Polpa	C*Polpa	H°Polpa
TRAT	4	8,4788*	33,2895*	33,9189*	0,57461 ^{ns}	7,2359**	0,1276 ^{ns}
ERRO	15	2,62478	11,2686	9,4055	0,1974	0,77519	0,203198
CV (%)	19	3,44	8,33	14,52	1,61	3,07	37,33

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 7A. Resumo da anova para sólidos solúveis (SS) (%), acidez titulável (AT) (MG ác. málico/100 g), relação SS/AT, pH, açúcar solúvel total (AST) (%), redutores (AR) (%), vitamina C (Vit. C) (mg/100g), antocianinas totais (ANT) (mg/100g), flavonoides amarelos (FA) (mg/100g), polifenóis extraíveis totais (PET) (mg/100g) e atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS ($\mu\text{mol Trolox/g}$) da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) submetida ao armazenamento refrigerado ($10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ UR)¹.

		QM										
FV	GL	SS	AT	SS/AT	pH	AST (%)	AR	Vit. C	ANT	FL	PET	ABTS
TRAT	4	5,00086**	0,0495**	1784,915**	0,7555**	0,6483 ^{ns}	0,5184 ^{ns}	7,28769*	9,35799*	11.195 ^{ns}	504.85**	0,0722 ^{ns}
ERRO	15	0,443578	0,00173	44,676888	0,012942	0,4306	0,3631	5,381953	1,002835	5,23212	76,72972	0,06484
CV (%)	19	5,89	15,96	13,19	2,20	8,14	7,98	11,30	8,32	27,42	29,70	19,66

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 8A. Resumo da anova para betalaínas (Betacianinas e betaxantinas) da pitáia (*Hylocereus polyrhizius*) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR)¹.

Fonte de variação	GL	QM	
		Betacianinas	Betaxantinas
Extrato (E)	2	451,497095**	2119,421835**
Tempo (T)	4	616,525423**	387,550052**
E x T	8	114,342841**	130,070977 ^{ns}
ERRO	45	35,364033	91,270663
CV (%)		8,79	9,60

¹ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

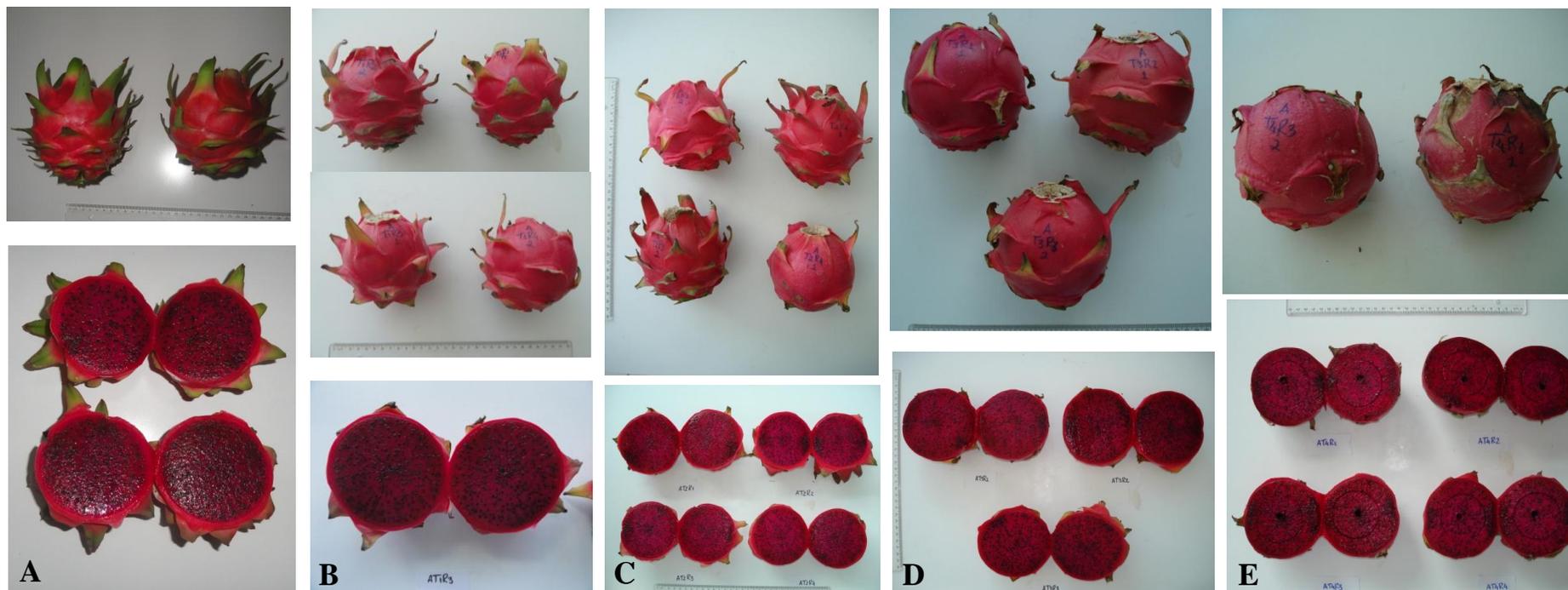


Figura 1A. Aparência externa e interna da pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) por ocasião da colheita (A) e aos 5 dias (B), 8 dias (C), 11 dias (D) e 14 dias (E) submetida ao armazenamento à temperatura ambiente (25 ± 1 °C e $45 \pm 5\%$ UR).

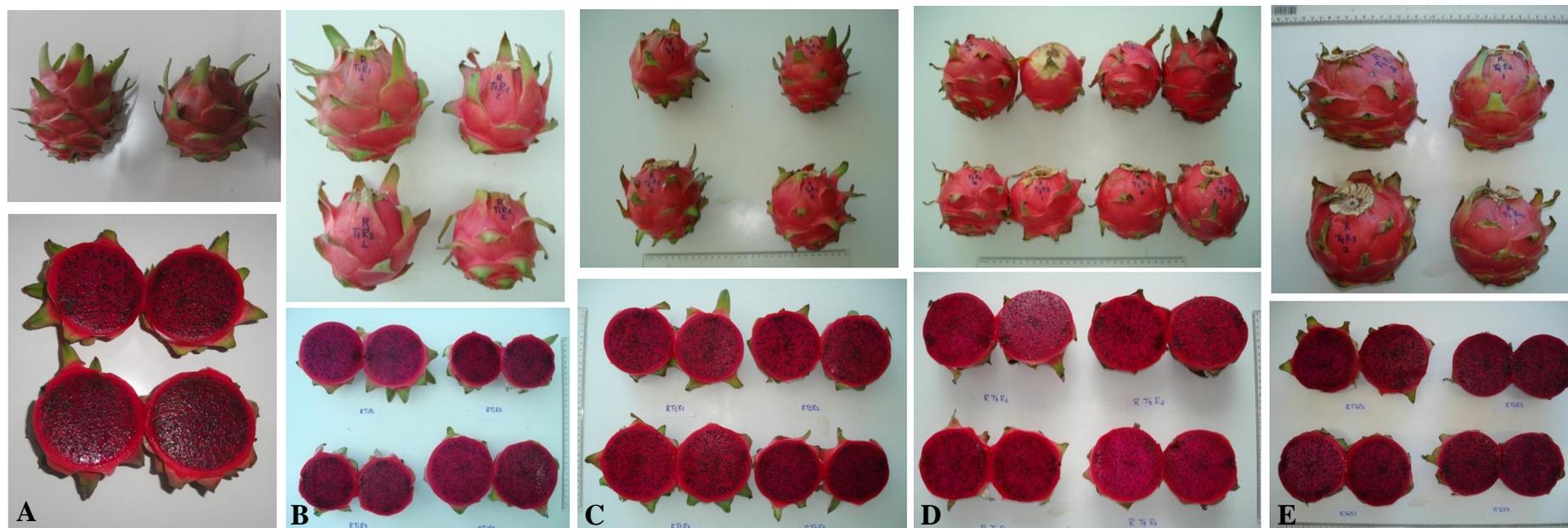


Figura 2A. Aparência externa e interna da pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) por ocasião da colheita (A) e aos 7 dias (B), 14 dias (C), 22 dias (D) e 32 dias (E) submetida ao armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $95 \pm 5\%$ UR).