

Características físico-químicas e efeito no estresse oxidativo da pitaiá vermelha em camundongos swiss diabéticos

Physico-chemical characteristics and effect on oxidative stress of red pitaya in swiss diabetic mice

Características físico-químicas y efecto en el estrés oxidativo de la pitaya roja en ratones swiss diabéticos

Recebido: 28/05/2020 | Revisado: 31/05/2020 | Aceito: 03/06/2020 | Publicado: 16/06/2020

Lia Corrêa Coelho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4951-6916>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: liacc.nutri@hotmail.com

Ana Paula Dionísio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4282-6383>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sede Agroindústria Tropical, Brasil

E-mail: ana.dionisio@embrapa.br

Sandra Machado Lira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9711-2919>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: sandra_liram@yahoo.com.br

Glauber Batista Moreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2490-0313>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: glauberbms@gmail.com

Guilherme Julião Zocolo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8835-0184>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sede Agroindústria Tropical, Brasil

E-mail: guilherme.zocolo@embrapa.br

Gisele Silvestre da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2771-5148>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sede Agroindústria Tropical, Brasil

E-mail: gihchemistry@gmail.com

Marcelo Oliveira Holanda

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7302-1123>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: marceloh.nutri@gmail.com

Chayane Gomes Marques

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6212-6691>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: chayane.gomes@uece.br

Joana Talita Galdino Costa

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0382-6513>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: joanatalita5@gmail.com

Gladstone Lima Maciel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8479-6119>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: tony.cerebro12@gmail.com

Maria Izabel Florindo Guedes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4569-8663>

Universidade Estadual do Ceará, Brasil

E-mail: florinfg@uol.com.br

Resumo

A pitiaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) é rica em antioxidantes, que podem auxiliar no controle do estresse oxidativo, exacerbado no *Diabetes Mellitus* (DM). Este estudo teve como objetivo analisar as características físico-químicas deste fruto, avaliar sua composição centesimal e efeito *in vivo* sobre o estresse oxidativo em camundongos *swiss* diabéticas. Polpa, sementes e casca foram isoladas e utilizadas para análise da composição físico-química e centesimal. A DM foi induzida em camundongos suíços fêmeas por injeção intraperitoneal de Aloxano Monohidratado. Foram formados grupos com 6 animais: saudáveis (SAUD), não tratados A e B (DNT A e DNT B), metformina (MET) e grupos alimentados com 20 (PIT20), 40 (PIT40), 200 (PIT200) e 400 (PIT400) mg de extrato polpa com sementes/kg de peso corporal dos animais, por gavagem, por 28 dias. O conteúdo hepático das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi quantificado pelo Malondialdeído (MDA), para avaliar a peroxidação lipídica. A composição da pitiaia foi semelhante à relatada anteriormente. Polpa e casca apresentaram conteúdo lipídico insignificante, presença

expressiva de carboidratos e fibras em todas as amostras, principalmente na casca. O menor MDA foi observado em PIT400, PIT200 e PIT40, em comparação com DNT A e B e MET. Os resultados foram dose-dependentes, sugerindo que o consumo de pitaya estava associado a menor peroxidação lipídica. Mais estudos sobre sua composição e aplicações como alimento funcional são necessários, principalmente em seres humanos e no DM.

Palavras-chave: *Cactaceae*; Alimento Funcional; Diabetes *Mellitus*; Estresse Oxidativo.

Abstract

Red pitaya (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) is rich in antioxidants, which might help regulate oxidative stress, exacerbated in Diabetes Mellitus (DM). This study aimed to determine the centesimal composition, physicochemical characteristics and *in vivo* antioxidant effect of red pitaya in diabetic swiss mice. Pulp, seeds and peel were isolated and used for physicochemical and centesimal composition analysis. DM was induced in female Swiss mice through intraperitoneal Alloxan Monohydrate injection. Groups with 6 animals were formed: Healthy (SAUD), Untreated A and B (DNT A and DNT B), Metformin (MET), and groups fed with 20 (PIT20), 40 (PIT40), 200 (PIT200) and 400 (PIT400) mg of pulp with seeds extract/kg of animals' body weight, by gavage, for 28 days. Thiobarbituric acid reactive species (TBARS) hepatic content was quantified by Malondialdehyde (MDA), to evaluate lipid peroxidation. Pitaya's composition was similar to that previously reported. Pulp and peel showed insignificant lipid contents, expressive presence of carbohydrates, and fibers in all samples, especially peel. Lowest MDA was observed in PIT400, PIT200, and PIT40, compared to DNT A and B, and MET. Results were dose-dependent, suggesting pitaya consumption was associated with lower lipid peroxidation. Further studies on its composition and applications as a functional food are required, especially for humans and in DM.

Keywords: *Cactaceae*; Functional Food; Diabetes Mellitus; Oxidative Stress.

Resumen

La pitaya roja (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) es rica en antioxidantes, lo que podría ayudar a regular el estrés oxidativo, exacerbado en la diabetes mellitus (DM). Este trabajo tuvo como objetivo la análisis la composición centesimal, de las características fisicoquímicas y del efecto antioxidante *in vivo* dela pitaya roja en ratones diabeticos. La pulpa, las semillas y la cáscara fueron aisladas y usadas en el análisis de composición fisicoquímica y centesimal. Se indujo DM en ratones hembra suizos mediante inyección

intraperitoneal de monohidrato de alloxano. Se formaron grupos con 6 animales: sanos (SAUD), no tratados A y B (DNT A y DNT B), metformina (MET), y grupos alimentados con 20 (PIT20), 40 (PIT40), 200 (PIT200) y 400 (PIT400) mg del extracto de pulpa y semillas/kg de peso corporal de los animales, por gavage, durante 28 días. El contenido hepático de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se cuantificó por malondialdehído (MDA), para evaluar la peroxidación lipídica. La composición de pitaya fue similar a la anteriormente reportada. La pulpa y la cáscara mostraron contenido lipídico insignificante y presencia expresiva de carbohidratos y fibras en todas las muestras, especialmente la cáscara. El MDA más bajo se observó en PIT400, PIT200 y PIT40, en comparación con DNT A y B, y MET. Los resultados fueron dosis-dependientes, lo que sugiere que el consumo de pitaya se asoció con una menor peroxidación lipídica. Se requieren más estudios sobre su composición y aplicaciones como alimento funcional, especialmente para humanos y en DM.

Palabras clave: *Cactaceae*; Alimentos Funcionales; Diabetes *Mellitus*; Estrés Oxidativo.

1. Introdução

As plantas têm sido cada vez mais estudadas como fontes de moléculas bioativas. Neste contexto, estudos têm evidenciado o potencial hipoglicemiante de espécies de frutas (Abdulazeez & Ponnusamy, 2016; Chen et al., 2016; Gao et al., 2015; Kotadiya et al., 2017), incluindo pertencentes à família *Cactaceae* (Gao et al., 2015; Kotadiya et al., 2017). Frutos de espécies de *Pitaya*, cactáceas dos gêneros *Hylocereus* e *Selenicereus*, podem ser efetivos como no controle da glicemia no Diabetes tipo 2 e Pré-diabetes, pelo que apresentam potencial para pesquisas como adjuvantes no tratamento desta patologia (Poolsup et al., 2017). Outras atividades biológicas já foram elucidadas nas espécies de cactáceas *Hylocereus*, como melhora na resistência à insulina e atividades antihiperlipidêmica, antimicrobiana, antidiabética, antioxidante e hepatoprotetora (García-Cruz et al., 2017; Ibrahim et al., 2018; Omidzadeh et al., 2011, 2014; Tenore et al., 2012). Sendo assim, podem ser importantes fontes naturais de compostos terapêuticos para o desenvolvimento de novos fármacos, fitoterápicos e nutracêuticos, além de poderem ser consumidas como alimentos funcionais (Atanasov et al., 2015; Jamshidi-kia et al., 2018; Rates, 2001).

A *Pitaya* é uma fruta originária do continente americano que pertence à família *Cactaceae*, sendo possível encontrar algumas variedades de espécies nesse continente (Donadio, 2009). A *pitaya vermelha* (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) se

caracteriza por frutos de casca e polpa de intensa coloração vermelha. Vários estudos têm demonstrado a presença de compostos bioativos e funcionais nesse fruto, como frutooligosacarídeos (Wichienchot et al., 2010), flavonóides, betacianinas, betaxantinas e compostos fenólicos (Bernaud & Rodrigues, 2013; Lira et al., 2020; Tenore et al., 2012; Wu et al., 2006).

O Diabetes *Mellitus* (DM) é uma patologia que se caracteriza pela presença persistente de hiperglicemia sérica, podendo ser gerada tanto por falhas nos mecanismos de ação da insulina, quanto por produção diminuída deste hormônio. Diversos fatores podem causar o Diabetes, podendo ser agrupados em fatores genéticos, ambientais e biológicos. É classificada em dois subtipos principais: no DM Tipo 1, em que ocorre a destruição de células beta-pancreáticas de forma autoimune; e no DM Tipo 2, em que a origem é multifatorial, principalmente relacionada ao ambiente e à genética (American Diabetes Association, 2019; Lira et al., 2020).

Diversos estudos têm demonstrado a existência de uma associação entre o DM e o estresse oxidativo. Sabe-se que a hiperglicemia persistente está associada a um aumento no estresse oxidativo, podendo levar principalmente a complicações microvasculares e macrovasculares, como disfunção endotelial, neuropatia diabética, acidente vascular cerebral (AVC) e a aterosclerose (Giacco & Brownlee, 2010; Pitocco et al., 2013; Ullah et al., 2016).

O estresse oxidativo é um desequilíbrio gerado quando os mecanismos fisiológicos de defesa antioxidante são insuficientes para combater os compostos oxidantes produzidos no organismo, seja por uma velocidade de remoção diminuída ou por aumento na produção destes compostos. Este desbalanceamento metabólico está associado a uma série de patologias, como o DM, câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Fatores dietéticos podem ter importante influência sobre a regulação desta condição, favorecendo-a ou amenizando-a (Barbosa et al., 2010; Lushchak, 2014; Sies, 2018).

O presente estudo teve como objetivo analisar as características físico-químicas da Pitaia Vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose), avaliar sua composição centesimal e efeito *in vivo* sobre o estresse oxidativo em camundongos swiss fêmeas diabéticas.

2. Metodologia

2.1. Caracterização físico-química, Composição Centesimal e perfil de Ácidos Graxos da Pitaia Vermelha

Preparação da Pitaia Vermelha (*Hylocereus polyrhizus*)

Para a elaboração do extrato, a pitaia vermelha foi obtida da Chapada do Apodi – CE (05° 53' 26" S; 38° 37' 19" W), Brasil. As frutas foram transportadas ao Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza-CE, onde foram lavadas em água corrente e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm. Em seguida, as frutas foram processadas em despoldadeira, modelo ITAMETAL / BONINA 0,25 DF, com capacidade média de processamento de 100 kg.h⁻¹ e dimensões de 0,82 x 0,40 x 1,30 m. Foram utilizadas peneiras com malhas de orifícios de 2,5 e 0,8 mm de diâmetro. Ao final obteve-se a polpa com semente (utilizada no tratamento de camundongos diabéticos); e isolou-se também a polpa sem semente, a casca e a semente, sendo congeladas a -20°C e liofilizadas, em equipamento LIOTOP LP 510 (utilizadas para as análises físico-químicas).

Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi determinado utilizando-se pHmetro digital (Mettler JEMWA 3510pH), o qual foi calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Acidez titulável

Foi utilizado 1,0 g de amostra liofilizada da polpa, da casca e da semente, os quais foram diluídos em 50 mL de água destilada cada. Foi feita a titulação com NaOH 0,1 N com Potenciômetro Titulométrico Automático (HI 901/HI 902 – Hanna Instruments), até que atingisse o pH 8,126, sendo a acidez representada em % de ácido málico.

Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado com Refratômetro Digital, modelo (ATAGO Pocket Palm-3), estando os valores encontrados representados em °Brix, conforme proposto pela AOAC (Association of Official Analytical Chemists International, 1997).

Umidade

Foi realizada esta análise segundo o método 934.01, da AOAC (Association of Official Analytical Chemists International, 2005). As amostras de polpa, casca e semente foram colocadas em cadinhos de porcelana, posteriormente colocados em estufa à 105 °C ± 5 °C, para evaporação da água do alimento, até que as amostras apresentassem peso constante.

Cinzas

Prosseguiu-se com a análise segundo o método 923.03 da AOAC (Association of Official Analytical Chemists International, 2005). Pesaram-se as amostras em cápsulas de porcelana, as quais foram anteriormente taradas, e em seguida foram incineradas em forno mufla, por 6 horas, a 550°C. Após a este período, as cápsulas foram resfriadas em dessecador por 1 hora e pesadas.

Proteínas, lipídeos e carboidratos

Foi utilizada a metodologia de Kjeldahl, a qual divide-se nas etapas de digestão, destilação e titulação. De acordo com o método 984.13 da AOAC (Association of Official Analytical Chemists International, 2005), os resultados foram expressos em nitrogênio total. A determinação dos lipídeos foi realizada através da análise de extrato etéreo em extrator modelo XT15 da ANKOM, a alta temperatura, conforme proposto pelo método Am 5-04 da American Oil Chemists' Society (Ankom, 2009; American Oil Chemists' Society, 2009). Determinou-se o teor de carboidratos pelo cálculo da diferença entre o total da amostra, representando 100%, e os valores resultantes das análises de lipídeos, proteínas, umidade e cinzas (Resolução RDC nº 360, 2003).

Valor calórico

A partir do cálculo das médias aritméticas dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios, determinou-se o valor calórico do fruto de acordo com o sistema de Atwater, tendo-se multiplicado os teores encontrados, em gramas, por 4 kcal/g, 4 kcal/g e 9 kcal/g (Monteiro et al., 2008).

Fibras

As frações insolúveis (FDI) e solúveis (FDS) da fibra dietética alimentar foram determinadas de acordo com o método 991.43 da AOAC (Association of Official Analytical Chemists International 2010), utilizando analisador automático de fibra alimentar TDF da ANKON (ANKON Technology Corporation). A fibra alimentar total (FDT) foi obtida pela soma das frações insolúvel e solúvel.

Análise dos ácidos graxos das sementes

Foi realizada a conversão dos ácidos graxos a ésteres metílicos de ácido graxos (FAMES) (Hartman & Lago, 1973). Os FAMES foram analisados por cromatografia gasosa, em aparelho Shimadzu GC2010 Plus, com detector de ionização de chama (CGDIC) e automador, modelo AOC 5000. Para a realização da separação dos compostos, foi utilizada a coluna capilar SP2560 de fase estacionária biscianopropil polidimetilsiloxano (100 m × 0.25 mm, df 0.20 µm; Supelco Bellefonte, PA). A injeção foi feita por divisão de fluxo (Split de 1:30) com hidrogênio como gás carregador, com fluxo constante de 1,5 mL.min⁻¹. Ambos injetor e detector encontravam-se a 220 °C.

Programou-se o forno cromatográfico conforme descrito a seguir: temperatura inicial da coluna de 80 °C, elevando-se, com uma rampa de aquecimento de 11 °C min⁻¹, até 180 °C e aumentando-se, em rampa de 5 °C min⁻¹, para 220 °C, mantendo-a por 23 minutos. Os picos no cromatograma foram identificados através da comparação entre seus índices de retenção e aqueles de compostos conhecidos identificados na solução padrão de ácidos graxos (código CRM47885, Supelco) injetada anteriormente de acordo com a mesma metodologia. A área relativa (%) do pico de cada composto no cromatograma foi utilizada para determinar sua contribuição na mistura.

2.2. Avaliação da atividade antioxidante in vivo do extrato de polpa com semente

Animais Experimentais

Neste estudo, utilizou-se camundongos Swiss (*Mus musculus*) fêmeas, adquiridos no biotério da Universidade Federal do Ceará (UFC). Quando os animais atingiram peso corporal entre 25 - 30g e idades entre 8 a 12 semanas, deu-se início ao experimento. Os camundongos foram mantidos em gaiolas de polipropileno coletivas, em estantes ventiladas, localizadas no biotério do Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular (LBBM), na Universidade Estadual do Ceará (UECE), onde manteve-se temperatura ambiente controlada, entre 22°C ± 2°C, além de ciclo claro/escuro de 12 horas, por 28 dias. Foram oferecidas água e ração ad libitum. Ao final do experimento, os animais foram eutanasiados seguindo-se as normas regulamentadoras das comunidades científicas nacionais e internacionais, utilizando-se de técnicas (de eutanásia) aprovadas pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Ceará (nº7255099/2018).

Indução do Diabetes Experimental

A indução do Diabetes Experimental foi realizada através de injeção intra-peritoneal de Aloxana Monohidratada (Sigma-Aldrich Chemistry®), a 150 mg/kg de peso corporal dos camundongos. Fez-se a diluição da aloxana em solução salina estéril (NaCl 0,9%). Os camundongos foram mantidos em jejum por um período de 12 horas antes da injeção, conforme protocolo adaptado (Vareda, 2013). Após 7 dias, os animais foram mantidos em jejum de 8 horas e prosseguiu-se com a coleta de sangue pelo plexo retro-orbital, para determinação da glicemia. Considerou-se como diabéticos os animais com glicemia igual ou acima de 200 mg/dL (Vareda, 2013). Os animais saudáveis receberam injeção intraperitoneal com o mesmo volume de solução salina, a fim de que fossem submetidos igualmente ao estresse.

Tabela 1 - Grupos experimentais.

Nome do Grupo	SIGLA	ANIMAIS/DOSE
Grupo Saudável	SAUD	Camundongos saudáveis que receberam água (0,2 mL água destilada/dia/animal);
Grupo Doente Não Tratado A	DNT-A	Camundongos diabéticos que receberam água (0,2 mL água destilada/dia/animal);
Grupo Doente Não Tratado B	DNT-B	Camundongos diabéticos que receberam água (0,2 mL água destilada/dia/animal);
Grupo doente tratado com extrato aquoso 200	PIT200	Camundongos diabéticos tratados com polpa com semente liofilizadas(200 mg/kg de peso/dia/animal);
Grupo doente tratado com extrato aquoso 400	PIT400	Camundongos diabéticos tratados com polpa com semente liofilizadas (400 mg/kg de peso/dia/animal);
Grupo doente tratado com extrato aquoso 20	PIT20	Camundongos diabéticos tratados com polpa com semente liofilizadas (20 mg/kg de peso/dia/animal);
Grupo doente tratado com extrato aquoso 40	PIT40	Camundongos diabéticos tratados com polpa com semente liofilizadas (40 mg/kg de peso/dia/animal);
Grupo doente tratado com metformina (droga padrão)	MET	Camundongos diabéticos tratados com metformina (200 mg/kg de peso/dia/animal) diluído em água destilada.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Determinação do total de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

O efeito sobre o estresse oxidativo foi analisado através da avaliação da peroxidação lipídica nos animais, determinada pela medição de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) através de Malondialdeído (MDA), sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol/g}$ de tecido hepático úmido. O total de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi determinado de acordo com o método de Ohkawa (Ohkawa et al., 1979). As amostras foram descongeladas sob refrigeração, sendo cortadas em pedaços de até 150mg, e homogeneizadas em tampão fosfato (50mM, pH 7.4), resultando em um homogenato 10%. Os homogenatos foram colocados em microtubos de 2,0mL com tampa e levados ao banho maria a 37°C por 60 minutos. Após o banho maria, adicionou-se ácido perclórico 35% e centrifugou-se os tubos a 15000 G por 10 minutos. O ácido tiobarbitúrico a 0,6% foi adicionado e os tubos foram

novamente levados ao banho maria, a 100°C, por 30 minutos. O material resultante foi distribuído nas placas de leitura e a absorvância mensurada pelo método ELISA (Synergy™ Multi-Mode Microplate Reader).

2.3. Análises estatísticas

Os dados das análises físico-químicas e perfil de ácidos graxos foram expressos como média e desvio padrão, sendo submetidos a teste de Tukey com nível de 5% de significância para comparação. Foi utilizado o software AgroEstat 1.0 para as análises estatísticas.

Os dados da análise da peroxidação lipídica in vivo foram expressos na forma de média \pm erro padrão da média (EPM), sendo utilizada a análise de variância one-way ANOVA, seguida do teste de Tukey, com nível de significância $p < 0,05$. do programa GraphPad Prism versão 5.0, utilizado para as análises estatísticas, criação e edição dos gráficos.

3. Resultados

O presente estudo consiste no primeiro relato de caracterização físico-química e de composição centesimal da pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) cultivada na Chapada do Apodi, no estado do Ceará. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização Físico-química e composição centesimal da pitaiá vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose)

	<i>Polpa</i>	<i>Casca</i>	<i>Semente</i>
<i>pH</i>	4,88 ± 0,02	4,40 ± 0,01	5,48 ± 0,03
Acidez (% ác. Málico)	0,33 ± 0,03	0,41 ± 0,01	0,43 ± 0,05
Sólidos solúveis (°Brix)	9,97± 0,06	-	-
Umidade (%)	89,46 ± 0,06	90,58 ± 0,06	77,23 ± 0,09
Cinzas (%)	0,39 ± 0,03	1,09 ± 0,04	0,15 ± 0,01
Lípidios (%)	Não Detectável	Não Detectável	3,57 ± 0,15
Proteínas (%)	0,5 ± 0,03	0,62 ± 0,01	2,25 ± 0,07
Carboidratos (%)	9,65 ± 0,06	7,72 ± 0,12	16,8 ± 0,38
Valor energético (Kcal/100g)	40,57 ± 0,2	33,33 ± 0,51	44,04 ± 0,50
Fibras SDF (g/100g)	6,00 ± 0,00	2,7 ± 0,01	11,5 ± 0,01
Fibras IDF (g/100g)	1,9 ± 0,01	51,7 ± 0,06	25 ± 0,06
Fibras TDF (g/100g)	7,92 ± 0,02	54,4 ± 0,03	36,5 ± 0,15

Dados expressos em média ± desvio padrão da média (EPM).

Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto ao perfil de ácidos graxos das sementes, os resultados encontrados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Perfil de Ácidos Graxos presentes na pitaita vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose)

Ácidos graxos presentes na semente da pitaita vermelha (%)	
Mirístico (C14:0)	0,12 ± 0,003
Palmítico (C16:0)	14,47 ± 0,085
Palmitoleico (C16:1 n9)	0,75 ± 0,013
Sapiênico (C16:1 n10)	0,11 ± 0,020
Esteárico (C18:0)	5,89 ± 0,015
Oléico (C18:1 n9)	23,26 ± 0,306
cis-Vacênico (C18:1 n11)	3,96 ± 0,324
Linoléico (C18:2)	45,86 ± 0,125
Araquídico (C20:0)	1,92 ± 0,089
Linolênico (C18:3)	0,42 ± 0,002
Beênico (C22:0)	1,45 ± 0,006
Não identificados	1,81

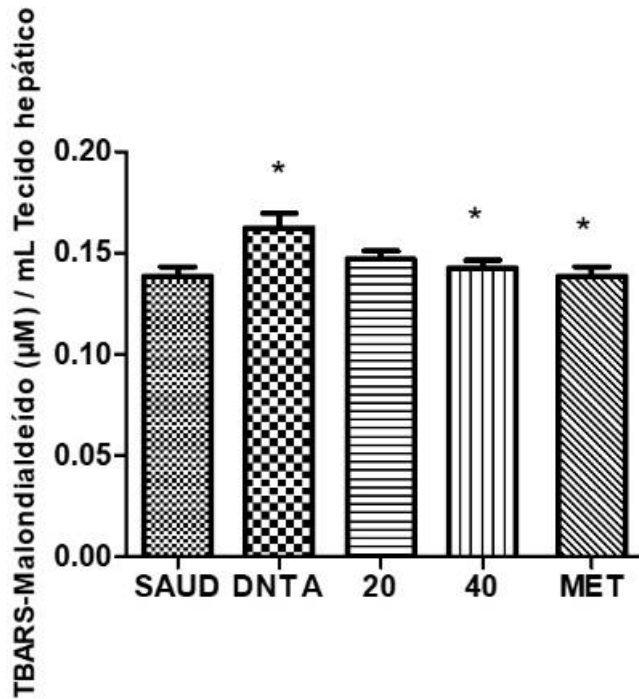
Dados expressos em média ± desvio padrão da média (EPM).

Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliação da atividade antioxidante in vivo do extrato de polpa com semente

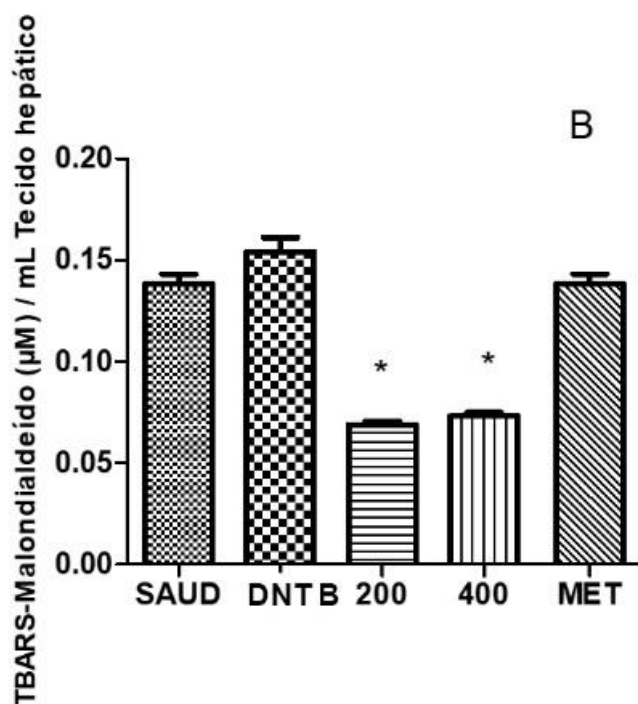
No presente estudo, os níveis de MDA hepático foram reduzidos nos camundongos doentes e alimentados com o extrato de polpa e semente de pitaita vermelha. Este resultado foi estatisticamente diferente, em nível de significância $p < 0,05$, quando comparado aos camundongos dos grupos doentes não tratados e aos tratados com metformina, sugerindo menor peroxidação lipídica, conforme demonstrado nas Figura 1 e na Figura 2.

Figura 1 - SAUD - Saudável; DNT - doente não tratado; MET-Metformina; 20 e 40 mg/kg/dia. TBARS. Dados são expressos como média \pm erro padrão da média de 6 camundongos em cada grupo. Para analisar a significância das diferenças entre os grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste tukey, com $*p < 0,05$ versus grupo DNT.



Fonte: Elaborado pelos autores. Média \pm erro padrão da média (EPM)

Figura 2 - SAUD - Saudável; DNT - doente não tratado; MET-Metformina; 200 e 400 mg/kg/ dia. TBARS. Dados são expressos como média \pm erro padrão da média de 6 camundongos em cada grupo. Para analisar a significância das diferenças entre os grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) seguida do teste tukey, com $*p < 0,05$ versus grupo DNT.



Fonte: Elaborado pelos autores. Média \pm erro padrão da média (EPM)

Os grupos PIT400 e PIT200 apresentaram menores teores de MDA, com média de 0,073 e 0,069 μM /mL de tecido hepático, respectivamente, em contraste com os grupos DNT A e DNT B, cujos teores de MDA foram de 0,154 e 0,162 μM /mL de tecido hepático, respectivamente, e com o grupo MET, com 0,138 μM /mL. O grupo PIT40 também apresentou redução estatisticamente significativa, a $p < 0,05$, com média de 0,143 μM /mL de tecido hepático, estando próximo do grupo MET, pelo que conclui-se que a pitáia foi mais efetiva que a droga padrão na diminuição dos teores de MDA nos animais diabéticos. Além disso, o efeito demonstrou-se dose-dependente, sendo maior conforme o maior a dose ofertada aos animais.

4. Discussão

Na análise da composição centesimal, observou-se que a polpa e a casca não apresentaram conteúdos detectáveis de lipídios. Além disso, apresentaram baixo conteúdo proteico e uma presença mais expressiva de carboidratos. Os carboidratos mais presentes na pitaita são a glicose, a maltose e a frutose, além de alguns oligossacarídeos (Abreu et al., 2012; Bakar et al., 2011; Lira et al., 2020). As sementes, por sua vez, apresentaram variado conteúdo lipídico e um maior teor de carboidratos.

Estes resultados mostram que a pitaita cultivada no estado do Ceará, cuja cultura vem se expandindo expressivamente (Nunes et al., 2014), apresenta composição semelhante àquela descrita para este fruto cultivado em outras regiões (Abreu et al., 2012; Bakar et al., 2011; De Menezes et al., 2015). O teor de umidade da polpa, de 89,46%, foi semelhante ao teor geralmente encontrado em pitaitas do gênero *Hylocereus* spp (82 a 88%), para frutos maduros. Bakar et al. (Bakar et al., 2011), ao analisar frutos de *H. polyrhizus* cultivados em Melaka, na Malásia, verificaram um teor de umidade de aproximadamente 93% na casca, enquanto no presente estudo este foi de 90,58%.

A acidez da polpa, de 0,33, esteve na faixa de valores descritos por Le Bellec, Vaillant e Imbert (Le Bellec et al., 2006), que seria de 0,24 a 0,34 para outras espécies de *Hylocereus*, também em consonância com o observado por Abreu et al, de 0,24, para pitaitas cultivadas no estado de São Paulo (Abreu et al., 2012). Ainda, a acidez da casca, conforme determinado por Bakar et al. (Bakar et al., 2011), na Malásia, foi cerca de 50% menor comparada à do presente estudo.

De acordo com a análise de sólidos solúveis realizada na polpa, foi observado um teor de 9,97°Brix. A polpa apresentou um pH de 4,88, sendo este valor próximo aos encontrados na literatura (Abreu et al., 2012; Bakar et al., 2011; De Menezes et al., 2015). Abreu et al. encontraram, para a polpa da pitaita vermelha (*H. polyrhizus*), um pH de 4,88, enquanto para a pitaita vermelha de polpa branca (*H. undatus*), o pH foi de 5,32. De Menezes et al., ao analisar amostras de *H. undatus* cultivadas no estado de Minas Gerais, encontraram um pH de 4,75 nos frutos em estado ótimo de maturação (De Menezes et al., 2015). Para a casca, o pH foi de 4,40, inferior ao descrito anteriormente na literatura, de 5 (Bakar et al., 2011).

Constatou-se a presença de fibras alimentares totais (Fibras TDF) em todas as amostras, mas de forma mais expressiva na casca (54,4g/100g), seguida das sementes (36,5g/100g). Em ambas casca e semente, os teores de fibras insolúveis foram mais expressivos que de solúveis, sendo de SDF - 2,7 5g/100g e IDF - 51,75g/100g na casca; e de

SDF - 11,5g/100g e IDF - 25g/100g nas sementes, semelhantemente ao que foi previamente descrito na literatura (Abreu et al., 2012; Bakar et al., 2011).

O conteúdo de fibras da casca da pitaia vermelha é semelhante ao da Atemoia, fruto híbrido entre a ata (*Annona squamosa* L.) e a cherimoia (*Annona cherimola* Mill.), apresentando 52,85g/100g de fibras insolúveis, entretanto sem fibras solúveis detectáveis. A Atemoia também apresenta um conteúdo expressivo de fibras em suas sementes, maior que o da pitaia vermelha no presente estudo, sendo a parte do fruto mais rica neste componente, com maior porcentagem de fibras insolúveis (56g/100g) (da Cruz et al., 2013).

As fibras alimentares consistem em partes indigeríveis dos alimentos consumidos, ou seja, que não são digeridas e absorvidas no trato gastrointestinal. São principalmente compostas por polímeros de carboidratos de dez ou mais unidades monoméricas, mas podem conter outros compostos de difícil digestão associados, como fitoesteróis, compostos fenólicos e fitatos, além de vitaminas e minerais acoplados (Jones, 2014; Ötles & Ozgoz, 2014; Quirós-Sauceda et al., 2014).

As fibras alimentares solúveis, como a pectina, a inulina e a goma xantana, transformam-se em géis viscosos ao atingir o intestino delgado, sendo posteriormente fermentadas no intestino grosso. Já as fibras insolúveis, como a lignina e a celulose, não formam géis. As fibras exercem atividade funcional no organismo, modulando a microbiota intestinal, favorecendo microrganismos benéficos; além de auxiliar na regulação do trânsito intestinal (Bernaud & Rodrigues, 2013; Dahl & Stewart, 2015; Holscher, 2017). Tem sido demonstrado que a ingestão de fibras alimentares, no Diabetes Mellitus, está associada a menores níveis de glicose sérica, bem como melhora no perfil lipídico e na pressão arterial (Bernaud & Rodrigues, 2013; Dahl & Stewart, 2015; Holscher, 2017).

A casca da pitaia vermelha constitui cerca de 27% do total do fruto, sendo uma parte comumente descartada e não consumida como parte comestível (Cordeiro et al., 2015). Entretanto, no presente estudo, observou-se a presença de compostos de interesse do ponto de vista funcional, em especial seu conteúdo expressivo de fibras em relação às outras partes do fruto analisadas. Tal achado evidencia que a casca poderia ser possivelmente reaproveitada e incorporada a preparações culinárias, como por exemplo, na forma de farinhas (Zanchet, 2017), ou utilizada para a elaboração de nutracêuticos e alimentos funcionais.

Com relação à análise do perfil de ácidos graxos, o ácido linoleico (45,86%), também conhecido como ômega-6, foi o mais prevalente na semente, seguido do ácido oleico (23,26%) e do ácido palmítico (14,47%). Os valores descritos são parecidos com os constatados em sementes de *H. polirhizus* cultivadas em Serdang, na Malásia, de 48%, 26,8%

e 16,53% para os ácidos linoleico, oleico e palmítico, respectivamente (Lim et al., 2010).

Outro estudo apontou o ácido linoleico como predominante no óleo da semente de pitaia vermelha também cultivada na Malásia, igualmente seguido do ácido oleico, com um conteúdo total de ácidos graxos essenciais de cerca de 51% (Ariffin et al., 2009).

O ácido linoleico, ou ômega 6 (n-6), é um ácido graxo poliinsaturado considerado essencial, pois não é produzido pelo organismo humano, devendo ser adquirido através de fontes dietéticas. Em uma dieta equilibrada, devem estar presentes fontes deste ácido graxo e fontes de ácido linolênico, ou ômega 3 (n-3), em uma razão de 5:1 n-6/n-3. Estes possuem funções biológicas importantes, sendo incorporados à estrutura da membrana celular e utilizados para a síntese de prostaglandinas (Martin et al., 2006).

A composição nutricional do fruto da pitaia, bem como suas características físico-químicas, pode ser afetada por uma série de fatores ligados ao seu cultivo. O mês de polinização, a exposição à luz, a qualidade nutricional do solo e as condições climáticas são exemplos destes fatores (Ruths et al., 2019; Silva et al., 2012).

Com relação aos resultados da análise de atividade antioxidante *in vivo*, pode-se dizer que os mesmos foram relevantes, uma vez que a redução da MDA sugere menor peroxidação lipídica e a diminuição do estresse oxidativo do fígado (ROS) aliviando a inflamação (Del Rio et al., 2005). A peroxidação lipídica ocorre quando radicais livres ou outros compostos oxidantes reagem com lipídeos, oxidando-os, especialmente ácidos graxos insaturados. Glicolipídeos, fosfolipídeos da membrana celular e o colesterol podem sofrer peroxidação (França et al., 2013; Lima & Abdalla, 2001). A reação tem como produtos secundários uma série de aldeídos de cadeia curta, como o Malonaldeído (MDA) e o 4-Hidroxinonenal (4-HNE), os quais podem ter ação deletéria sobre ácidos nucleicos, funcionando como agentes mutagênicos, além de modificar proteínas e danificar a membrana celular (Ayala et al., 2014; Gaschler & Stockwell, 2017; Niki, 2014).

O MDA, atualmente, é considerado um eficaz biomarcador da peroxidação lipídica *in vivo*, indicando ação oxidante sobre o ômega-3 e o ômega-6, além de outros ácidos graxos como o ácido araquidônico. Este composto reage com o ácido tiobarbitúrico (TBA) formando pigmentos de coloração avermelhada, fluorescente, com comprimento de onda de 532 nm de absorção, podendo ser quantificados (Ayala et al., 2014; Lima & Abdalla, 2001; Matsuda & Shimomura, 2013).

No Diabetes *Mellitus*, a hiperglicemia constante pode causar o aumento na glicosilação não-enzimática de proteínas sanguíneas circulantes, prejudicando a defesa antioxidante, além de aumentar a autooxidação da glicose. Tem-se o aumento do estresse

oxidativo de forma expressiva, podendo acarretar lesões endoteliais e prejuízo no fluxo sanguíneo, com liberação de citocinas pró-inflamatórias, gerando consequências cardiovasculares. Retinopatia, neuropatia, complicações renais e hepáticas também são comuns. Outra consequência é o aumento na peroxidação lipídica, causando disfunções nas mitocôndrias, contribuindo para o aumento constante da produção de radicais livres. Além disso, as células beta-pancreáticas são fortemente afetadas pela glicotoxicidade exacerbada com a hiperglicemia, agravando a resistência à insulina (Kayama et al., 2015; Pitocco et al., 2013; Ullah et al., 2016).

É importante, neste contexto, o estudo de terapêuticas antioxidantes como aliadas no tratamento do DM. O consumo de alimentos naturalmente ricos em compostos bioativos antioxidantes, em uma alimentação equilibrada e balanceada, é preferível a estratégias de suplementação, pois ainda não há evidências que suportem benefícios da suplementação em seres humanos (Lyra et al., 2020; Pitocco et al., 2013). A Sociedade Brasileira de Diabetes recomenda o consumo de uma alimentação rica em frutas, verduras e oleaginosas no DM (Lyra et al., 2020).

O resultado do presente estudo indica o potencial antioxidante e funcional da pitáia vermelha em animais diabéticos. Tal resultado possivelmente está relacionado à presença de compostos com atividade antioxidante e outras classes de compostos bioativos presentes na pitáia, já descritos na literatura. Além disto, constitui no primeiro relato da atividade antioxidante *in vivo* da pitáia vermelha (*Hylocereus polyrhizus* Weber Britton & Rose) cultivada no Ceará, em camundongos diabéticos.

Maigoda et al. avaliaram o efeito de um pó de pitáia vermelha, da mesma espécie do presente estudo, sobre ratos obesos, induzidos por dieta hiperlipídica. Segundo os autores, após o consumo do pó de pitáia por quatro semanas, associada à prática de exercício de natação nos animais, houve a diminuição dos teores de MDA hepáticos, bem como de marcadores inflamatórios (Maigoda et al., 2016).

A pitáia vermelha possui uma variedade de compostos bioativos, tanto nas partes comestíveis, quanto não comestíveis. Assim como outras frutas exóticas tropicais, por conta destes compostos, apresenta um grande potencial como alimento funcional, possuindo características ideais para o consumo *in natura* (Cordeiro et al., 2015; Dembitsky et al., 2011; Fathordoobady et al., 2016; Lim et al., 2010; Ortiz-Hernández & Carrillo-Salazar, 2012; Tenore et al., 2012).

Já foram identificados compostos antioxidantes na polpa, na casca e nas sementes (Fathordoobady et al., 2016; García-Cruz et al., 2017; Tenore et al., 2012; Wu et al., 2006),

dentre eles compostos fenólicos, flavonoides (Fathordoobady et al., 2016; Li et al., 2017; Zanchet, 2017), além do principal pigmento, as betalaínas (García-Cruz et al., 2017; Lira et al., 2020).

As betaninas, hilocereninas e filocactinas são as betalaínas mais expressivas na Pitaia Vermelha. Estes compostos de intensa cor vermelha são solúveis em água e têm-se demonstrado como potentes antioxidantes, os quais podem ter sido essenciais no efeito de diminuição do estresse oxidativo observado no presente estudo (Gengatharan et al., 2015; Hua et al., 2018).

Os compostos fenólicos, incluindo flavonoides e ácidos fenólicos, estão associados à atividade antioxidante, que pode ser benéfica no tratamento ou como fator protetor de uma série de doenças, como o próprio diabetes e doenças cardiovasculares. Os flavonoides podem modular a atividade de algumas enzimas, além de atuar no sequestro de espécies reativas de oxigênio, quelação de metais, dentre outras atividades. Sendo assim, estes compostos podem ter atuado na diminuição da peroxidação lipídica observada no presente estudo (Omidzadeh et al., 2011, 2014).

Em estudo realizado por Omidzadeh et al., investigou-se a atuação de amostras de polpa e semente de pitaia vermelha fresca, submetida a diferentes tratamentos térmicos, sobre ratos em um modelo experimental de diabetes tipo 2, com resistência à insulina. Observou-se que o fruto, em sua forma fresca, agiu de forma semelhante à metformina, aumentando o poder antioxidante total sérico dos animais de forma estatisticamente significativa. De acordo com os autores, o efeito é atribuído provavelmente ao conteúdo polifenólico e de fibras solúveis, apresentando boa atividade antioxidante e atenuando a resistência à insulina (Omidzadeh et al., 2014).

Já Song et al., em estudo conduzido com camundongos da linhagem C57BL/6J com obesidade induzida por dieta hiperlipídica, demonstraram que a suplementação com 200 mg/kg/dia de betacianinas isoladas da pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) reduziu o ganho de peso, melhorou os níveis séricos de triglicerídeos, colesterol total, LDL-c, AST (aspartato amino-transferase) e ALT (alanina amino-transferase). Além disso, diminuiu os níveis hepáticos de triglicerídeos e colesterol totais, contribuindo para a atenuação do processo de desenvolvimento da esteatose hepática nos animais, atenuando ainda a hipertrofia de células adiposas. Também foram observadas melhoras na tolerância à glicose, na resistência à insulina e na inflamação. O estímulo ao aumento da presença de microrganismos *Firmicutes*, *Bacteroidetes* e *Akkermansia* na microbiota intestinal dos animais,

potencialmente favorecido pelas betacianinas, também pareceu exercer atividade protetora contra as desordens metabólicas (Song et al., 2016).

Outros compostos bioativos já identificados na Pitaia são o beta-caroteno, o tocoferol e a vitamina C, os quais possuem atividade antioxidante (Sies & Stahl, 1995), além do licopeno, ácidos graxos essenciais e oligossacarídeos prebióticos (Abreu et al., 2012; Adnan et al., 2011; Ariffin et al., 2009; García-Cruz et al., 2017; Khalili et al., 2014; Wichienchot et al., 2010).

Os prebióticos consistem em uma importante classe de compostos funcionais (Grajek et al., 2005). São considerados prebióticos compostos que não são digeridos na porção inicial do trato gastrointestinal, ou seja, estômago e intestino delgado, atingindo o cólon intactos, onde são fermentados pela microbiota intestinal. Exercem funções biológicas, favorecendo a atividade de microrganismos benéficos, como as bifidobactérias e outras espécies de probióticos gram-positivos, e cujos produtos de fermentação exerçam atividades biológicas benéficas localmente ou sistemicamente no organismo (Khalili et al., 2014). Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) produzidos pela microbiota na sua fermentação estimulam as enzimas glutathione S-transferases (GSTs), que combatem o estresse oxidativo, atuando na diminuição da inflamação (Den Ende et al., 2011).

A presença expressiva de oligossacarídeos prebióticos na pitaia vermelha, concentrados principalmente na polpa e, em seguida, na casca, tornam esta fruta uma rica fonte destes compostos quando comparada à pitaia branca e ao mamão papaia. Os frutoligossacarídeos (FOS), maltohexaose e maltoheptaose se destacam como os oligossacarídeos mais presentes em ambas casca e polpa, sendo os primeiros possuidores de atividade prébiótica (Khalili et al., 2014).

4. Considerações Finais

A pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) apresentou bom conteúdo de fibras alimentares, principalmente fibras insolúveis, em quantidade mais expressiva na casca. Esta parte do alimento, comumente descartada, pode ser agregada em preparações culinárias, transformada em farinhas ou utilizada como fonte de compostos bioativos para elaboração de nutracêuticos e alimentos funcionais, sendo importante futuramente conduzir estudos para caracterizar seu perfil fitoquímico e ação funcional. Além disso, apresentou baixo valor calórico e ômega-6, um ácido graxo essencial, e reduziu a peroxidação lipídica de forma significativa em camundongos diabéticos, provavelmente devido ao seu conteúdo de

compostos bioativos antioxidantes, indicando seu potencial funcional no combate aos efeitos deletérios do estresse oxidativo, incluindo o tratamento do diabetes mellitus. Estes resultados também contribuem para respaldar a expansão dos plantios da espécie no Brasil. É importante que se continue a investigar sua composição e possíveis aplicações futuras como alimento funcional, nutracêutico e fonte de compostos funcionais, especialmente em seres humanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

Abdulazeez, S. S., & Ponnusamy, P. (2016). Antioxidant and hypoglycemic activity of strawberry fruit extracts against alloxan induced diabetes in rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29(1), 255–260.

Abreu, W. C. de, Lopes, C. de O., Pinto, K. M., Oliveira, L. A., Carvalho, G. B. M. de, & Barcelo, M. de F. P. (2012). Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(4), 656–661.

American Diabetes Association (2019). *Introduction : Standards of Medical Care in Diabetes – 2020*. *Diabetes Care*, 43(Supplement 1).

American Oil Chemists' Society (2009). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Champaign: AOCS.

Ankom. (2009). *Technology method 2: rapid determination of oil/at utilizing high temperature solvent extraction*. Macedon: Ankom.

Ariffin, A. A., Bakar, J., Tan, C. P., Rahman, R. A., Karim, R., & Loi, C. C. (2009). Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. *Food Chemistry*, *114*(2), 561–564.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.108>

Association of Official Analytical Chemists International (1997). *Official methods of analysis of the AOAC international*. Gaithersburg: AOAC International.

Association of Official Analytical Chemists International (2005). *Official methods of analysis of the AOAC international*. Gaithersburg: AOAC International.

Association of Official Analytical Chemists International (2010). *Official methods of analysis of the AOAC international*. Gaithersburg: AOAC International.

Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-wenzig, E., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., Temml, V., Wang, L., Schwaiger, S., Heiss, E. H., Rollinger, J. M., Schuster, D., Breuss, J. M., Bochkov, V., Mihovilovic, M. D., Kopp, B., Bauer, R., Dirsch, V. M., & Stuppner, H. (2015). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products : A review. *Biotechnology Advances*, *33*(8), 1582–1614.

<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.08.001>

Ayala, A., Muñoz, M. F., & Argüelles, S. (2014). Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2014*(1–31).

Bakar, J. C. E., S., Kharidah, M., Dzulkifly, M. A., & Noranizan, A. (2011). Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *International Food Research Journal*, *18*(1), 279–286.

Barbosa, K. B. F., Costa, N. M. B., Alfenas, R. de C. G., De Paula, S. O., Minim, C. P. R., & Bressan, J. (2010). Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, *23*(4), 629–643.

Bernaudo, F. S. R., & Rodrigues, T. C. (2013). Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 57(6), 397–405. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302013000600001>

Chen, C., You, L. J., Abbasi, A. M., Fu, X., Liu, R. H., & Li, C. (2016). Characterization of polysaccharide fractions in mulberry fruit and assessment of their antioxidant and hypoglycemic activities in vitro. *Food and Function*, 7(1), 530–539. <https://doi.org/10.1039/c5fo01114k>

Cordeiro, M. H. M., Da Silva, J. M., Mizobutsi, G. P., Mizobutsi, E. H., & Da Mota, W. F. (2015). Caracterização física, química e nutricional da pitáia-rosa de polpa vermelha. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 20–26. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-046/14>

da Cruz, L. S., Lima, R. Z., de Abreu, C. M. P., Corrêa, A. D., & Pinto, L. de M. A. (2013). Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner. *Ciencia Rural*, 43(12), 2280–2284. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000133>

Dahl, W. J., & Stewart, M. L. (2015). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health Implications of Dietary Fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(11), 1861–1870. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.09.003>

De Menezes, T. P., Ramos, J. D., Lima, L. C. D. O., Costa, A. C., Resende, R. de C. M. N., & Rufini, J. C. M. (2015). Características físicas e físico-químicas de pitáia vermelha durante a maturação. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 631–644. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p631>

Del Rio, D., Stewart, A. J., & Pellegrini, N. (2005). A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 15(4), 316–328. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2005.05.003>

Dembitsky, V. M., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic

fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44(7), 1671–1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>

Den Ende, W. V., Peshev, D., & De Gara, L. (2011). Disease prevention by natural antioxidants and prebiotics acting as ROS scavengers in the gastrointestinal tract. *Trends in Food Science and Technology*, 22(12), 689–697. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.07.005>

Donadio, L. C. (2009). Pitaya. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(3), 637–929.

Fathordoobady, F., Mirhosseini, H., Selamat, J., & Manap, M. Y. A. (2016). Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus* flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction. *Food Chemistry*, 202, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.121>

França, B. K., Alves, M. R. M., Souto, F. M. S., Tiziane, L., Boaventura, R. F., Guimarães, A., & Alves Jr, A. (2013). Peroxidação lipídica e obesidade : Métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. *Jornal Português de Gastroenterologia*, 20(5), 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.jpg.2013.04.002>

Gao, J., Han, Y. L., Jin, Z. Y., Xu, X. M., Zha, X. Q., Chen, H. Q., & Yin, Y. Y. (2015). Protective effect of polysaccharides from *Opuntia dillenii* Haw. fruits on streptozotocin-induced diabetic rats. *Carbohydrate Polymers*, 124, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.01.068>

García-Cruz, L., Dueñas, M., Santos-Buelgas, C., Valle-Guadarrama, S., & Salinas-Moreno, Y. (2017). Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. Pruinusus* and *S. stellatus*). *Food Chemistry*, 234, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.174>

Gaschler, M. M., & Stockwell, B. R. (2017). Biochemical and Biophysical Research Communications Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 482(3), 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.10.086>

Gengatharan, A., Dykes, G. A., & Choo, W. S. (2015). Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 645–649. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.052>

Giacco, F., & Brownlee, M. (2010). Oxidative Stress and Diabetic Complications IR RAGE SOD. *Circulation Research*, 107, 1058–1070.
<https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.110.223545>

Grajek, W., Olejnik, A., & Sip, A. (2005). Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica*, 52(3), 665–671.

Hartman, L., & Lago, R. C. A. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. *Laboratory Practice*, 22, 475–476.

Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172–184. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1290756>

Hua, Q., Chen, C., Tel Zur, N., Wang, H., Wu, J., Chen, J., Zhang, Z., Zhao, J., Hu, G., & Qin, Y. (2018). Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 117–125.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.027>

Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khedr, A. I. M., Zayed, M. F., & El-Kholy, A. A. E. S. (2018). Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance—A review. *Journal of Food Biochemistry*, 42(2), 1–29.
<https://doi.org/10.1111/jfbc.12491>

Instituto Adolfo Lutz(2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Jamshidi-kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-khoei, H. (2018). Medicinal plants : Past history and future perspective. *Journal of Herbmed Pharmacology*, 7(1), 1–7.
<https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>

Jones, J. M. (2014). CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the “fiber gap”. *Nutrition Journal*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-34>

Khalili, R. M. A., Abdullah, A. B. C., & Manaf, A. A. (2014). Isolation and characterization of oligosaccharides composition in organically grown red pitaya, white pitaya and papaya. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(2), 131–136.

Kayama, Y., Raaz, U., Jagger, A., Adam, M., & Schellinger, I. N. (2015). *Diabetic Cardiovascular Disease Induced by Oxidative Stress*. 25234–25263.
<https://doi.org/10.3390/ijms161025234>

Kotadiya, C., Patel, U. D., Modi, C. M., Patel, H. B., & Kalaria, V. A. (2017). Effect of *Opuntia elatior* fruit juice and quercetin administration on glucose level , lipid profile , hyperalgesic response and spontaneous motor activity in diabetic rats. *The Pharma Innovation Journal*, 6(8), 150–155.

Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006). Pitaya (*Hylocereus* spp.): A new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(4), 237–250. <https://doi.org/10.1051/fruits>

Li, X., Li, M., Han, C., Jin, P., & Zheng, Y. (2017). Increased temperature elicits higher phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 129, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.03.014>

Lim, H. K., Tan, C. P., Karim, R., Ariffin, A. A., & Bakar, J. (2010). Chemical composition and DSC thermal properties of two species of *Hylocereus cacti* seed oil: *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. *Food Chemistry*, 119, 1326–1331.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.002>

Lima, E. S., & Abdalla, D. S. P. (2001). Peroxidação lipídica : mecanismos e avaliação em amostras biológicas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 37(3), 293–303.

Lira, S. M., Dionísio, A. P., Holanda, M. O., Marques, C. G., Silva, G. S. da, Correa, L. C., Santos, G. B. M., de Abreu, F. A. P., Magalhães, F. E. A., Rebouças, E. de L., Guedes, J. A. C., Oliveira, D. F. de, Guedes, M. I. F., & Zocolo, G. J. (2020). Metabolic profile of pitaya

(*Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose) by UPLC-QTOF-MSE and assessment of its toxicity and anxiolytic-like effect in adult zebrafish. *Food Research International*, 127, 108701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108701>

Lushchak, V. I. (2014). Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*, 224, 164–175.

<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>

Lyra, R., Oliveira, M., Lins, D., Cavalcanti, N., Gross, J. L., Maia, F. F. R., Araújo, L. R., Yafi, M., Guimarães, F. P. D. M., Takayanagui, A. M. M., Lucena, J. B. D. S., Golbert, A., Campos, M. A. a., Saúde, M. da, Sartorelli, D. S., Franco, L. J., Prevenção, E., & Marcondes, J. a. M. (2020). Sociedade Brasileira de Diabetes. In *Diabetes Mellitus Tipo 1 e Tipo2* (Vol. 5, Número 3).

Maigoda, T. C., Sulaeman, A., Setiawan, B., & Wibawan, W. T. (2016). Effects of Red Dragon Fruits (*Hylocereus polyrhizus*) Powder and Swimming Exercise on Inflammation, Oxidative Stress Markers, and Physical Fitness in Male Obesity Rats (Sprague dawley). *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 25(1), 123–141.

Martin, C. A., Almeida, V. V. de, Ruiz, M. R., Visentainer, J. E. L., Matshushita, M., Souza, N. E. de, & Visentainer, J. V. (2006). Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods 1. *Rev. Nutr*, 19(6), 761–770.

Matsuda, M., & Shimomura, I. (2013). Increased oxidative stress in obesity : Implications for metabolic syndrome , diabetes , hypertension , dyslipidemia , atherosclerosis , and cancer. *Obesity Research & Clinical Practice*, 7(5), e330–e341.

<https://doi.org/10.1016/j.orcp.2013.05.004>

Monteiro, C. S., Balbi, M. E., Miguel, O. G., Maria, S., & Haracemiv, C. (2008). Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. *Alimentos e Nutrição*, 19(1), 25–31.

Niki, E. (2014). Biomarkers of lipid peroxidation in clinical material. *BBA - General Subjects*, 1840(2), 809–817. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.03.020>

- Nunes, E. N., Sandro, A., Sousa, B. De, Lucena, C. M. De, Silva, S. D. M., Farias, R., Lucena, P. De, Antônio, C., Alves, B., & Alves, E. (2014). Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. *Gaia Scientia*, 8, 90–98.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351–358.
[https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
- Omidzadeh, A., Yusof, R. M., Ismail, A., Roohinejad, S., Nateghi, L., & Bakar, M. Z. A. (2011). Cardioprotective compounds of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(3–4), 152–156.
- Omidzadeh, A., Yusof, R. M., Roohinejad, S., Ismail, A., Abu Bakar, M. Z., & El-Din A. Bekhit, A. (2014). Anti-diabetic activity of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. *RSC Advances*, 4(108), 62978–62986. <https://doi.org/10.1039/C4RA10789F>
- Ortiz-Hernández, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220–237.
- Ötles, S., & Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 13(2), 191–202. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.2.8>
- Pitocco, D., Tesauro, M., Alessandro, R., & Ghirlanda, G. (2013). Oxidative Stress in Diabetes : Implications for Vascular and Other Complications. *International journal of Molecular Sciences*, 14, 21525–21550. <https://doi.org/10.3390/ijms141121525>
- Poolsup, N., Suksomboon, N., & Paw, N. J. (2017). Effect of dragon fruit on glycemic control in prediabetes and type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 12(9), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184577>
- Quirós-Sauceda, A. E., Palafox-Carlos, H., Sáyago-Ayerdi, S. G., Ayala-Zavala, J. F., Bello-Perez, L. A., Álvarez-Parrilla, E., De La Rosa, L. A., González-Córdova, A. F., & González-Aguilar, G. A. (2014). Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients:

Interaction and possible effect after ingestion. *Food and Function*, 5(6), 1063–1072.
<https://doi.org/10.1039/c4fo00073k>

Rates, S. M. K. (2001). Plants as source of drugs. *Toxicon*, 39, 603–613.

Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) 1 (2003).

Ruths, R., da Silva Bonome, L. T., Tomazi, Y., Siqueira, D. J., Moura, G. S., & Lima, C. S. M. (2019). Influence of temperature and luminosity in seed germination of species: *Selenicereus setaceus*, *Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*. *Revista de Ciências Agroveterinarias*, 18(2), 194–201. <https://doi.org/10.5965/223811711812019194>

Sies, H., & Stahl, W. (1995). Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(6), 1315S-1321S.

Sies, Helmut. (2018). On the history of oxidative stress: Concept and some aspects of current development. *Current Opinion in Toxicology*, 7, 122–126.
<https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.01.002>

Silva, A. de C. C. da, Martins, A. B. G., & Cavallari, L. de L. (2012). Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1162–1168. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452011000400014>

Song, H., Zheng, Z., Wu, J., Lai, J., Chu, Q., & Zheng, X. (2016). White pitaya (*Hylocereus undatus*) juice attenuates insulin resistance and hepatic steatosis in diet-induced obese mice. *PLoS ONE*, 11(2), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149670>

Tenore, G. C., Novellino, E., & Basile, A. (2012). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. *Journal of Functional Foods*, 4, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.003>

Ullah, A., Khan, A., & Khan, I. (2016). Diabetes mellitus and oxidative stress — A concise review. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 24(5), 547–553.

<https://doi.org/10.1016/j.jsps.2015.03.013>

Vareda, P. M. P. (2013). *Avaliação da atividade hipoglicemiante do extrato de Myrcia bella em camundongos diabéticos por estreptozotocina*. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. A. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120(3), 850–857.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.026>

Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., & Ho, J. A. A. (2006).

Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 95(2), 319–327.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.002>

Zanchet, A. (2017). *Utilização de Farinha de casca de Pitaia Vermelha (Hylocereu undatus) na substituição parcial de gordura em biscoito tipo cookie* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Lia Corrêa Coelho – 9,1%

Ana Paula Dionísio – 9,1%

Sandra Machado Lira – 9,1%

Glauber Batista Moreira dos Santos – 9,1%

Guilherme Julião Zocolo – 9,1%

Gisele Silvestre da Silva – 9,1%

Marcelo Oliveira Holanda – 9,1%

Chayane Gomes Marques – 9,1%

Joana Talita Galdino Costa – 9,1%

Gladstone Lima Maciel – 9,1%

Maria Izabel Florindo Guedes – 9,1%