



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS (UFT)
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

PATRICIA OLIVEIRA VELLANO

PIGMENTO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA (*Hylocereus costaricensis*): EXTRAÇÃO E ESTUDO DA ESTABILIDADE

**PALMAS
2020**

PATRICIA OLIVEIRA VELLANO

**PIGMENTO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA
(*Hylocereus costaricensis*): EXTRAÇÃO E ESTUDO DA
ESTABILIDADE**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento de novo produto

Orientador: Prof. Dr^a. Clarissa Damiani

Coorientador: Prof. Dr^a. Adriana Régia Marques de Souza

PALMAS
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

V438p Vellano, Patricia Oliveira .
Pigmento da farinha da casca de pitaya (*Hylocereus costaricensis*):
Extração e estudo da estabilidade. / Patricia Oliveira Vellano. – Palmas, TO,
2020.
58 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2020.
Orientadora : Clarissa Damiani
Coorientadora : Adriana Régia Marques de Souza
1. Pitaya. 2. Casca. 3. Pigmentos. 4. Estabilidade. I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**PIGMENTO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA
(*Hylocereus costaricensis*): EXTRAÇÃO E ESTUDO DA
ESTABILIDADE**

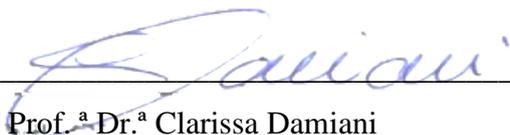
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 06 de março de 2020, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof.^a Dr.^a Glêndara Aparecida de Souza Martins
UFT



Prof. Dr. Celso Martins Belisário
IFGoiano



Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani
Orientadora – UFG

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.” (Theodore Roosevelt)

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem a presença de Deus, pois sem Ele nada é possível de alcançar.

Gostaria de agradecer a todos aqueles que sempre confiaram em mim, desde sempre minha família. A minha mãe, Antônia, pelas orações diárias em virtude das viagens de 380km até Palmas, quase toda semana. A minha irmã, Márcia, pelo apoio de segurar as pontas com minha filha nas minhas ausências. A minha filha, Gabriela, que soube entender momentos de aflição, medo e angústia no decorrer desse processo. A vocês que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu. Assim partilho a alegria deste momento.

Aos irmãos que Deus colocou em minha vida e escolhi para conviver: André, Camila e Rômulo. Amor incondicional, sempre. Estiveram comigo nessa jornada dando apoio, conselho, ajuda e bronca, né Camila. André meu parceiro de todas as horas. Camila um ser humano que, não tem tamanho, mas tem um coração gigantesco, sempre à disposição para ajudar e também brigar - eu e o André recebemos muitas. Rômulo sempre com sua calma e inteligência dizendo que tuda daria certo. A distância não nos separa. Seus corações estão comigo e o meu com vocês.

À Prof.^a Dr.^a Clarissa Damiani (UFG), minha orientadora e exemplo de profissional, que, provavelmente, deve ter por vezes pensado em desistir de mim, porém persistiu. Espero ter conseguido demonstrar que valeu a pena.

Ao minha coorientadora, professora Adriana Régia, por toda a ajuda durante a realização deste trabalho.

A turma do LaCiMP (UFT) que sempre que precisei estavam de braços abertos para ajudar e socorrer. Minha gratidão especial a prof.^a Glêndara que tenho certeza sem ela eu não teria chegado até o fim. Agradeço pelos ensinamentos, por seu exemplo de ética, por sua capacidade de agregar, e principalmente pela sua proteção e paciência. Por confiar na minha capacidade mesmo eu duvidando. Meu carinho e admiração eterna.

A Andréa amiga, parceira, companheira de todas as horas, que esteve comigo desde o início dessa caminhada que me deu apoio, carinho, casa, comida e atenção. Obrigada sem você nada disso seria possível.

RESUMO

A pesquisa a respeito de pigmentos naturais foi provocada por crescentes evidências indicando que corantes sintéticos podem causar efeitos deletérios à saúde. Betalaínas, além de antocianinas, têm sido propostos como uma alternativa para atender a essa necessidade. No entanto, a incorporação de pigmentos naturais apresenta alguns desafios para a indústria de alimentos, como estabilidade reduzida em comparação com as contrapartes sintéticas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi explorar a viabilidade de utilizar a farinha da casca de pitaya, um coproduto descartado no meio ambiente após o processamento dessa fruta, como corante natural. Inicialmente, fez-se um experimento para determinar a melhor solução extratora (metanol 50%, água, etanol 95% e acetona 80%), em diferentes faixas de pH (4,0 a 9,0 e comprimento de onda (485, 535 e 700nm) da solução extratora. Após essa etapa, os melhores resultados foram aplicados para extrair os pigmentos da casca de pitaya, seguido do estudo de sua estabilidade frente a diversas condições de temperatura (ambiente, congelado e refrigerado), ausência e presença de luz no período entre zero e 60 dias com intervalos de 15 dias. O extrato com metanol 50% e água foram as soluções que apresentaram melhor rendimento, e em relação ao pH não observou-se diferenças significativas no processo de extração e verificou-se um maior valor de absorbância nos comprimentos de onda 485 e 535 nm. Quanto a estabilidade do pigmento extraído da farinha casca de pitaya, as melhores condições foram observadas quando o extrato foi submetido ao congelamento, sob ausência de luz, no comprimento de onda de 485nm, num período de 15 dias de armazenamento.

Palavra Chave: Pitaya, casca, pigmentos, estabilidade.

ABSTRACT

Research on natural pigments has been driven by mounting evidence that synthetic dyes can cause deleterious health effects. Betalains, excluding anthocyanins, have been proposed as natural alternatives to synthetic dyes; however, incorporating natural pigments into the food industry is challenging because they are less stable than their synthetic counterparts. Accordingly, the objective of this study was to explore the feasibility of using pitaya peel flour, a coproduct discarded in the environment after processing this fruit, as a natural dye. Initially, the extraction process was optimized by comparing extracting solutions (50% methanol, water, 95% ethanol, and 80% acetone) in different pH environments (4.0–9.0) and measuring their absorption after extraction at varying wavelengths (485, 535, and 700 nm). The optimum conditions were then used to extract the pigments from the pitaya peel, and their stabilities were studied at 15-day intervals, over a 60-day period, under different temperature conditions (ambient, frozen, and refrigerated) and in the absence and presence of light. Extraction with 50% methanol or water offered the best yields, and there was no significant effect of pH on the process. The highest absorbance values were observed at 485 and 535 nm, with the highest absorbance obtained at 485 nm under optimal conditions. The pigments extracted from the pitaya peel flour were the most stable when the extract was frozen in the absence of light, and could remain stable over a 15-day storage period.

Keywords: Pitaya, peel, natural pigments, stability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Componentes Nutricionais (g/100g de matéria integral) encontrados na polpa de frutos de pitaya da espécie <i>Hylocereus costaricensis</i>	17
Tabela 2. Resultado estatístico obtido pelo teste F para a verificar a melhor solução extratora de pigmentos farinha casca de pitaya em diferentes faixas de pH e em três comprimento de onda.	29
Tabela 3. Teste de média para avaliar a solubilidade do pigmento da farinha casca da pitaya vermelha nas diferentes soluções extratoras independente do comprimento de ondas.....	30
Tabela 4. Teste de média para avaliar quais os melhores resultados para comprimentos de onda durante a extração do pigmento da farinha da casca pitaya vermelha independente do solvente.	31
Tabela 5. Resultado da análise de variância dos pigmentos farinha casca da Pitaya vermelha pelo teste F para verificar a estabilidade do pigmento.	34
Tabela 6. Teste de média para para avaliar a estabilidade do pigmento da farinha da casca pitaya vermelha em diferentes temperaturas de armazenamento isoladamente.....	36
Tabela 7. Teste de média para para avaliar a estabilidade do pigmento da farinha da casca de pitaya na ausência e presença de luz.	39
Tabela 8. Teste de média para avaliar a estabilidade do pigmento farinha da casca pitaya vermelha de frente diferentes comprimento de onda.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frutos inteiros e seccionados de Pitaya (<i>Hylocereus costaricensis</i>).....	15
Figura 2. Casca da pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>) (A), farinha da casca de pitaya vermelha moída (B).....	26
Figura 3. Extração do pigmento da farinha da casca de pitaya vermelha na ausência e presença de luz para estudo da estabilidade.	28
Figura 4. Condensação do ácido betalâmico	35
Figura 5. Efeito da temperatura de armazenamento nos parâmetros de estabilidade pigmento extrato da farinha da casca de pitaya vermelha em intervalo de 60 dias.....	39
Figura 6. Efeito do extrato pigmentario da farinha da casca da pitaya armazenados ausência e presença de luz nos parâmetros de estabilidade no intervalo 60 dias.....	40
Figura 7. Efeito do extrato pigmentario da farinha da casca da pitaya armazenados na ausência de luz em diferentes temperaturas	42
Figura 8. Espectro de absorbância do pigmento da farinha casca pitaya em diferentes tempos de armazenamento.	43
Figura 9. O resultado do FTIR do extrato aquaoso da farinha da casca da pitaya vermelha varia de 4000 cm ⁻¹ a 600 cm ⁻¹	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	PITAYA	13
2.1.1	Aspectos Nutricionais do Fruto	16
2.2	APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	18
2.2.1	Compostos bioativos e atividade antioxidante da pitaya	19
2.3	PIGMENTOS NATURAIS	21
2.4	ESTABILIDADE DOS PIGMENTO	23
3	OBJETIVO GERAL	25
3.1	OBJETIVO ESPECÍFICO	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	MATERIAL	26
4.2	PREPARO DAS AMOSTRAS	26
4.3	EXTRAÇÃO DE PIGMENTOS COM VÁRIOS SOLVENTES	27
4.4	ESTUDO DE ESTABILIDADE DO PIGMENTO EXTRAÍDO DA CASCA DE PITAYA VERMELHA	27
4.5	ANÁLISE DE ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO	29
5.2	ESTABILIDADE DO PIGMENTO EXTRAÍDO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA VERMELHA	33
5.3	ANÁLISE DO EXTRATO AQUOSO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA VERMELHA POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	43
6	CONCLUSÃO	45
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

A pitaya é uma fruta tropical, pertencente à família Cactaceae, do gênero *Hylocereus* sp., selvagem, sendo conhecida, mundialmente, como Dragon Fruit ou Fruta-do-Dragão. Sua origem vem das regiões de florestas tropicais do México e da América Central e Sul. Sua polpa é rica em fibras e baixo teor calórico, possuindo características físicas e químicas diversificadas de acordo com a espécie (XU; ZHANG; WANG, 2016).

Existe ampla variedade entre as espécies de pitaya em relação ao tamanho e a coloração dos frutos, dentre as quais podem ser citadas *Hylocereus undatus* (pitaya vermelha de polpa branca), *Hylocereus costaricensis* (pitaya vermelha de polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (pitaya amarela de polpa branca) - também conhecida como “pitaya colombiana” e *Selenicereus setaceus* (a casca é vermelha e a polpa esbranquiçada) - também chamada “pitaya do cerrado”, esta última é semelhante à espécie *Hylocereus undatus*, porém o fruto é de tamanho menor e apresenta espinhos (SATO, 2014).

De acordo com Martins (2017), o fruto de pitaya vem apresentando consumo crescente, sendo apreciado *in natura*, processado em geleias, sucos, sorvetes ou doces. A casca apresenta compostos antioxidantes, especialmente as betalaínas e, suas sementes, são ricas em ácidos graxos essenciais e fitoesteróis (JERONIMO, 2016). Devido a sua coloração, a pitaya vermelha é uma fonte de pigmentação natural bastante promissora nesse contexto a indústria está renovando seu interesse em substituir corantes sintéticos por corantes naturais. A coloração carmim e púrpura da fruta é imputada à presença de grande parte de betalaínas, que é o pigmento responsável pela cor atrativa da pitaya (RYMBAI; SHARMA; SRIVASTAV, 2011).

Apesar da casca de pitaya ser muito rica em compostos antioxidantes (WU et al., 2006) e pigmentos, a estabilidade destes, após a extração, pode ser prejudicada por condições externas como a presença de luz, oxigênio, íons metálicos, pH e altas temperaturas, o que poderia suceder em efeito corante menos pronunciado. Algumas reações acontecem com os pigmentos e provocam sua degradação, sendo as reações mais comuns a isomerização, a glicólise e a hidrólise (STINTZING; CARLE, 2007; SANTOS, 2017).

. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi explorar a viabilidade de utilizar a farinha da casca de pitaya, um coproduto descartado no meio ambiente após o processamento dessa fruta, como corante natural. Avaliando a estabilidade desse pigmento através do monitoramento dos efeitos do tempo e condições de armazenamento pelo espectrofotômetro em comprimentos de onda distintos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PITAYA

A pitaya, igualmente conhecida como fruta do dragão, é uma espécie de cactos de videira pertencentes ao gênero *Hylocereus* nativas do México, América Central e América do Sul (ABREU ET AL., 2012) e é cultivada comercialmente em uma ampla variedade de países, incluindo México, Guatemala, Estados Unidos (sul da Flórida) e Brasil (SANTOS et al., 2020). Várias espécies de *Hylocereus* são cultivadas como cultura de frutas em muitas áreas tropicais e subtropicais do mundo. (ABREU et al., 2012).

Das cactáceas, a pitaya é uma das frutas mais cultivada. Em 1995, o Vietnã foi o primeiro país a comercializar pitaya, mundialmente, sob o nome de Dragon Pearl Fruit (Thang Loy em sua língua), sendo o Japão, por muito tempo, o maior exportador (MIZRAHI, 2014).

No Brasil, o cultivo da pitaya é recente: existe pequenas áreas de produção, que teve início há cerca de 15 anos na região de Catanduva, no Estado de São Paulo. A partir daí, começaram plantios comerciais no Estado e, hoje, existe 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).

O Brasil produz cerca de 1.493,19 toneladas de pitaya por ano, em 3.086 estabelecimentos. A produção do fruto acontece entre os meses dezembro e maio. O Estado de São Paulo é o maior produtor desse fruto, produzindo cerca de 586 toneladas por ano, Santa Catarina 350 e Minas Gerais com 152 toneladas por ano (IBGE, 2019).

Nos últimos anos, a pitaya ganhou notoriedade, pelo menos em parte, como resultado da aparência chamativa da polpa e devido aos potenciais benefícios à saúde dos altos níveis de betalaína, característicos das variedades de pitaya vermelhas ou roxas (RODRIGUEZ-AMAYA, 2019).

Existem várias espécies de Pitayas, mas as principais são: Pitaya vermelha com polpa branca - *Hylocereus undatus* e *Selenicereus setaceus*; Pitaya vermelha com polpa púrpura - *Hylocereus polyrhizus* e *Hylocereus costaricensis*; e Pitaya amarela com polpa branca - *Selenicereus megalanthus* (CEJUDO-BASTANTE et al., 2016).

Hylocereus costaricensis é tido como o mais resistente do gênero, exibindo ramos esbranquiçados, flores grandes com perianto externo segmentado e estigma com lóbulos

amarelados. Os frutos são de coloração vermelha e formato ovoide, com peso de 250 a 600 gramas e diâmetro de 10 a 15 centímetros, coberto por escamas foliáceas. A polpa é vermelha com grande número de sementes pequenas e negras (VAILLANT et al., 2005).

A pitaya é um fruto não climatérico, que preferencialmente tem que ser colhido depois de um tempo mínimo de amadurecimento para proporcionar o aprimoramento de sabor. A longevidade do fruto é inferior a 10 dias em temperatura ambiente, porém se armazenado sob refrigeração (em torno de 5°C) pode ter validade de 25 a 30 dias (ZEE et al., 2004). No entanto, com o intuito de ampliar sua utilização, disponibilidade e vida útil tem-se a possibilidade de passar por vários tipos de processos como congelamento, desidratação, concentração, fermentação, tratamentos térmicos e conservação química (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012).

São identificadas distintas espécies de pitaya, sendo alguns comerciais e outras nativas. Conforme a espécie, seus frutos podem revelar características físicas e químicas variadas quanto ao formato, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, teor de sólidos solúveis e pH na polpa, reflexo da alta diversidade genética desta frutífera (LIMA et al., 2013).

De acordo com Sarmiento (2017), visando atender a novas demandas e ofertar novos sabores, cores e texturas ao mercado interno e externo, espécies de frutíferas, ainda pouco conhecidas, tornam-se alternativa às espécies tradicionais.

A pitaya está ganhando muita atenção devido ao seu enriquecimento de micronutrientes regulado pelos fenólicos que possuem atividades antioxidantes e antiproliferativa, além de sua cor atraente (WU et al., 2006).

Os frutos de pitaya são caracterizados por um alto teor de vitaminas B, C e E (BELTRÁN-OROZCO et al., 2009). É considerado alimento funcional, apresentando potencial alimentício com vantagens para a saúde na prevenção de patologias, devido à sua composição nutricional, formada por proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas (β -caroteno e ácido ascórbico) e minerais como magnésio, enxofre, cálcio, fósforo, ferro, potássio, sódio, manganês, zinco e cobre (DE SOUZA FERNANDES et al., 2017; PEREZ-LOREDO et al., 2017; OMIDIZADEH et al., 2014).

Segundo Mizrahi (2014), a pitaya tem 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. São, também, aproveitados como geradores 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 estabilidade em várias escalas de tratamentos de pH e térmico e com alto valor nutricional (MIZRAHI, 2014).

Além do consumo humano, a pitaya possui matérias-primas muito interessante para a indústria alimentícia por dois fatos principais: primeiro, suas cascas constituem até 33% do peso das frutas e, em segundo lugar, as cascas e polpas são fontes de corantes naturais, especificamente as betacianinas (FERRERES et al., 2017).

O pigmento vermelho, contido na polpa e na casca da pitaya, denominado como betacianina, é de grande interesse para a pesquisa, já que pode ser usado como equivalente aos corantes sintéticos. Esse pigmento natural apresenta efeitos tóxicos e é um composto com benefícios para a saúde humana. Além de que, a principal fonte comercial de betacianinas é a beterraba, contudo, ela proporciona desagradável sabor de terra ao corante, o que prejudica sua aplicação (UTPOTT, 2019).

As betacianinas são betaláínas de cor vermelha a roxa (absorvância de 530 a 545 nm) (HERBACH et al., 2006). Esses metabólitos secundários nitrogenados hidrofílicos são sequestradores de radicais livres (SUH et al., 2014), antilipidêmicos (WROBLEWSKA; JUSKIEWICZ; WICZKOWKI, 2011), diminuidores da obesidade e resistentes à insulina (SONG et al., 2016) e antimicrobianos agentes, entre outros (FERRERES et al., 2017).

Figura 1. Frutos inteiros e seccionados de Pitaya (*Hylocereus costaricensis*).



Fonte: Autor, 2019.

A pitaya tem grande aceitação e valorização nos mercados consumidores pelas suas propriedades funcionais e nutricionais, estes frutos possui um sabor doce e suave, polpa firme repletas de sementes, portanto, muito nutritiva. Dispõe-se de uma grande variedade de uso,

como vinho, suco, geléias, iogurte, doce, conserva (DE LIMA et al., 2014).

2.1.1 Aspectos Nutricionais do Fruto

Conforme a Tabela Brasileira de Alimentos, é imprescindível que se tenha informação sobre a composição nutricional dos alimentos, principalmente os consumidos aqui no Brasil, pois através dessas referências pode-se pesquisar a disponibilidade de nutrientes e o seu consumo por populações, bem como verificar a adequação nutricional da dieta, identificar o estado nutricional, como também desenvolver diversas pesquisas relacionadas à dieta e doenças (TACO, 2011).

A pitaya está sendo objeto de pesquisas quanto à presença de compostos bioativos, como vitaminas, compostos fenólicos e presença de pigmentos que se, consumidos por seres humanos, podem vir a funcionar no organismo como agente antioxidante, inibindo ou retardando reações oxidativas de alguns substratos. O seu consumo pode prevenir doenças cardiovasculares, complicações respiratórias e circulatórias, como também combater diabetes, câncer e mal de Alzheimer (NUNES et al., 2014).

Conforme a espécie, a pitaya apresenta frutos com atributos físicos e químicos modificáveis quanto ao formato, firmeza da polpa, presença de espinhos, cor da casca e da polpa, teores de sólidos solúveis e pH da polpa, reflexo da alta diversidade genética desta frutífera, além de variação nas propriedades nutricionais e funcionais (JUNQUEIRA et al., 2010; LIMA et al., 2013; NUNES et al., 2014; SARMENTO, 2017).

Do ponto de vista nutricional a pitaya apresenta teores de nutrientes compatíveis com as de outras frutas, se destacando pelo sabor e textura de polpa, alto teor de fibras, sais minerais, vitaminas e ainda o conteúdo de compostos bioativos (pigmentos e compostos fenólicos. Alguns autores descrevem sua composição centesimal, conforme apresentado na Tabela 1 (NUNES et al., 2014).

Na polpa da pitaya, verifica-se a presença de alguns compostos, entres ele pode-se destacar o betacaroteno, licopeno e oligossacarídeos não digeríveis com característica prebiótica (WHICHIENTHOT et al, 2010). Os oligossacarídeos contidos na pitaya são resistentes ao pH ácido do estômago e ligeiramente resistentes a α -amilase e possuem atividade prebiótica, ou seja, servem de alimento seletivo para os *Lactobacillus* e as bifidobactérias do intestino (ORTIZ-HERNÁNDEZ; CARRILLO-SALAZAR, 2012).

A pitaya de polpa vermelha é fonte de vitaminas, como a vitamina C, o que proporciona seu respectivo uso como ingrediente funcional, e possuem alta quantidade de minerais, principalmente sódio, potássio, magnésio, fósforo, zinco e ferro (MAHAYOTHEE, 2019).

A pitaya possui alta quantidade de potássio, seguido de magnésio e cálcio. Outros micronutrientes aparentam estar presentes em maior quantidade, particularmente nas espécies com polpa vermelho-púrpura (LE BELLEC, 2006), sendo capaz de observar, em pitaya 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) ressaltam-se com maiores concentrações; já o boro (18,73 mg/kg) e o cobre (21,71 mg/kg) como os micronutrientes com menor concentração, teores consideráveis de minerais importantes na dieta humana. É tido como fruto rico em ferro, cálcio e fósforo (BARQUERO; MADRIGAL, 2010; GARCÍA-CRUZ et al., 2013). Além disso, o alto teor de cálcio pode designar maior resistência dos frutos após a colheita (CORDEIRO et al., 2015).

A pitaya de polpa vermelha tende a evidenciar baixa acidez, como constatado por Cordeiro et al. (2015), (5,32) e Stintzing et al. (2004) (4,4), particularidade similarmente observada para outras espécies de Pitaya: *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 decorrente dos ácidos orgânicos, os quais influenciam na cor, sabor, odor e na qualidade das frutas. Por meio da determinação da acidez total em relação ao conteúdo de açúcar, pode-se obter o estágio de maturação dos frutos (LIMA et al., 2013).

Tabela 1. Componentes Nutricionais (g/100g de matéria integral) encontrados na polpa de frutos de pitaya da espécie *Hylocereus costaricensis*.

Componentes	Polpa
Umidade ¹	85,521 g
Proteína ¹	1,061 g
Fibra bruta ¹	0,341 g
Ácido ascórbico (Vit. C) ²	0,0092 g
Lipídios ²	0,21 – 0,61 g
Cinzas ¹	0,361 g
Carboidratos ¹	12,341 g
Sólidos solúveis (°Brix) ³	7,00 - 11,00
pH ³	4,3 – 4,7

Fonte: ¹Oliveira et al. (2010); ²Nunes et al. (2014); ³Bellec et al. (2006).

2.2 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

A indústria de alimentos produz grande quantidade de resíduos do processamento de frutas e vegetais, resíduos esses que possuem atributos que poderiam ser aproveitados em outras propósitos. Pensando nisso, a cultura da reciclagem de resíduos industriais como matéria-prima para novos produtos vem se desenvolvendo (ETXABIDE et al., 2017).

Em um ano tem-se em torno de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos e subprodutos alimentares perdidos ou desperdiçados. Os resíduos agroindustriais, como as cascas de frutas, consistem fonte iminente de compostos funcionais de alto valor agregado, que podem ser usados em produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentos indústrias (GUDIÑA et al., 2016; KABIR, et al., 2015; MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007; MATHARU; DE MELO; HOUGHTON, 2016).

Gómes e Martinez (2018), no estudo de farinha dos resíduos do processamento de algumas frutas e vegetais como matéria prima à produtos de panificação, discorrem que os resíduos possuem alto potencial nutricional devido à elevadas concentrações de compostos ativos, contribuindo para saúde, tido como exemplos a saúde intestinal, controle de peso, redução do colesterol e, até mesmo, controle de níveis glicêmicos e de insulina.

Em época onde a questão ambiental exerce relevância, a valorização de subprodutos alimentares e a execução de processos de extração verde ganharam muita atenção (FERRERES et al., 2017).

O uso de resíduos da indústria de processamento de frutas é um passo novo importante para a indústria de alimentos. A reutilização do subproduto de processamento de pitaya, como a casca de pitaya, pode aumentar a produtividade da matéria-prima, reduzindo os problemas causados pelo descarte de grande quantidade de subproduto industrial e também pode expandir a produção de alimentos alternativos (BERTAGNOLLI et al., 2014)

As indústrias geram grandes quantidades de subprodutos sólidos, decorrentes da retirada de partes, antes ou durante o processamento, como cascas e bagaço ou também da classificação dos frutos. Os subprodutos podem ser utilizados em diversas aplicações como produtos para a alimentação humana e animal, indústria farmacêutica, produção de etanol e biogás, extração de óleos essenciais e extração de compostos de interesse (como pectina, bromelina, carotenoides, fibras, aromas naturais, flavonoides, tartarato e pigmentos naturais (TAN et al., 2014).

Após processamento da Pitaya para a extração da polpa, produz-se significativa quantidade de resíduos constituídos por cascas que podem ser utilizadas para a extração de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) e pectina (DE MELO, 2014).

A casca de Pitaya possui aproximadamente 18 a 24% da fruta inteira (CHUCK-HERNA´NDEZ et al., 2016). As cascas de pitaya são frequentemente descartadas durante o processamento, especialmente nas indústrias de produção de bebidas. Esse material descartado contém alto pigmento de pectina, fibra solúvel, insolúvel e betacianina, mas com baixo teor de sólidos solúveis totais, proteínas, cinzas e gordura (HO; ABDUL LATIF, 2016).

Liaotrakoon et al. (2013) verificaram nas cascas dessa fruta que os polissacarídeos da parede celular contêm quantidades significativas de substâncias pécticas metil-esterificadas altamente solúveis em água.

Na prática, as cascas de pitaya são desprezadas ao passo que as polpas de frutas são processadas ou consumidas. Desse modo, a reciclagem da casca de pitaya para a extração de pigmento não só pode reduzir o custo de produção dos corantes de benefícios para a saúde, mas também criar um valor econômico mais alto para a fruta (CHEW; HUNG; KING, 2019).

O reprocessamento do subproduto de processamento de pitaya, como a casca de pitaya, pode aumentar o rendimento da matéria-prima, reduzindo os problemas causados pelo descarte de grande quantidade de subproduto industrial e também pode expandir a produção de alimentos alternativos (HO; ABDUL LATIF, 2016).

2.2.1 Compostos bioativos e atividade antioxidante da pitaya

Inúmeras pesquisas têm comprovado que o consumo de frutas e vegetais é benéfico para a saúde humana (WANG et al., 2017) e o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária é capaz de fornecer comportamento protetor efetivo contra os processos oxidativo que, naturalmente, ocorrem no organismo (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

Neste cenário, constata-se o crescente consumo de frutas em todo o mundo, devido ao valor nutritivo e à presença de fitoquímicos que apresentam atividade antioxidante e podem estar relacionados ao retardo do envelhecimento e à prevenção de doenças (WOLFE et al., 2008).

As porções não comestíveis de frutas (por exemplo, casca, casca, sementes, etc.) podem ter conter um valor nutricional mais alto do que sua respectiva parte comestível. Na prática, essas porções não comestíveis possui compostos bioativos com atividades antioxidantes mais altas que as da polpa e possuem perfis fitoquímicos distintos de outras partes da fruta (GONDIM et al., 2005). A utilização de componentes não comestíveis normalmente requer seu processamento em pó para diminuir o volume retirando água livre e reduzindo as reações químicas e microbiológicas. Isso os torna mais seguros de manusear, aumentando simultaneamente a concentração de compostos bioativos, fibras alimentares e minerais

(IZIDORO et al., 2008).

A pitaya contém muita umidade, poucos lipídios e, juntamente com outros alimentos, podem contribuir para uma dieta equilibrada nutricionalmente, contudo, o que chama a atenção para várias pesquisas é a quantidade de compostos bioativos, principalmente pigmentos e compostos fenólicos, geralmente relacionado com a defesa do vegetal (NUNES et al., 2014).

O aumento no consumo de alimentos antioxidantes, que podem eliminar radicais livres, pode ser um método para prevenir o aparecimento de doenças, sendo a pitaya uma alternativa, por se apresentar como fonte significativa de fitoquímicos, tais como polifenóis, flavonoides e vitamina C, relacionados à sua atividade antioxidante (SONG et al., 2016). Kim et al. (2011), investigaram a atividade antioxidante, a ação de polifenóis totais e flavonóides, contra vários radicais livres das polpas e cascas de pitaya brancas e vermelhas de origem coreana.

Os autores verificaram, em seu estudo, que o conteúdo de polifenóis e flavonóides do extrato metanólico da casca de pitaya vermelha e da casca de pitaya branca foram de, aproximadamente, três e cinco vezes maiores do que o conteúdo desses antioxidantes na polpa de pitaya vermelha e na polpa de pitaya branca, respectivamente. Os autores conseguiram, ainda, identificar a presença de compostos fenólicos, os derivados do ácido hidroxicinâmico, glicosídeos, flavonóides betacianina e seus derivados, além ainda de alguns compostos desconhecidos. (KIM et al., 2011).

Os compostos fenólicos são substâncias que apresentam anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Contém estrutura variável e, com isso, são multifuncionais. Já foi detectada a ocorrência de mais de 8000 compostos fenólicos (PEREIRA, 2011), sendo que os principais podem ser classificados em dois grupos: os flavonóides (polifenóis) e os não flavonóides (fenóis simples ou ácidos) (MELO; GUERRA, 2002; BURNS et al., 2001).

São considerados os antioxidantes mais eficientes vistos nos frutos sobressaindo-se os flavonoides que, quimicamente, abrangem as antocianinas e os flavonoides não-antocianinas. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, largamente difundidas no reino vegetal e conferem as inúmeras tonalidades de cores entre laranja, vermelho e azul encontradas em frutos, vegetais, flores, folhas e raízes (FU et al., 2011).

Os compostos fenólicos podem diferenciar, devido à mudança ambiental e/ou diferença de fase de maturação dos frutos, sendo capaz de apresentar conteúdo variando de acordo com a espécie de pitaya (LIMA et al., 2013). As circunstâncias de armazenamento, também, influenciam no conteúdo de fenólicos, resultante de vários fatores, como consumo de compostos por processos bioquímicos e de degradação (SANTOS et al., 2016).

Embora possua a coloração vermelho em pitaya *H. Costaricensis*, o que apontaria elevado conteúdo de antocianinas presente no fruto, o mesmo não está presente. A inexistência de antocianinas em pitaya vermelha é imputada a cor característica à presença de betalaínas, pigmento solúvel em água que proporciona cores vermelhas e amarelas à grande variedade de flores e frutos, responsáveis pela sua coloração (GARCÍA-CRUZ et al., 2016).

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). O fruto da pitaya vermelha possui pigmento vermelho-violeta chamado betacianina. Muitas pesquisas têm sido realizadas para investigar a química da betacianina, o principal composto bioativo do fruto da pitaya vermelha (WYBRANIEC; MIZRAHI, 2002).

2.3 PIGMENTOS NATURAIS

Também conhecidos de pigmentos ou corantes naturais, seu nome é em deferência pela forma que são obtidos, geralmente, são de plantas, animais ou minerais (MOLDAVAN, 2016). Uma das vantagens desses corantes é que eles têm menos limitações de uso do que os sintéticos. Eles são considerados inofensivos, uma das desvantagens é geralmente o processo de extração de cores que é muito oneroso, mas é tecnicamente viável com o menor impacto ambiental (ACEITUNO MELGAR, 2010).

Atualmente, o interesse nos pigmentos naturais das plantas tem crescido, porque uma fonte natural de pigmentos é considerada nutricionalmente importante nas indústrias farmacêutica e de processamento de alimentos, particularmente quando, na indústria de alimentos, os pigmentos vermelhos são comumente usados como aditivos alimentares (SUH et al., 2014).

A cor e a aparência são atrativos consideráveis para a qualidade dos alimentos, sendo esses os primordiais critérios ponderados pelos consumidores no momento da aquisição de um produto (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010). As indústrias de alimentos utilizam tanto corantes sintéticos como naturais. Os corantes sintéticos são largamente empregados, devido à sua estabilidade e baixo custo (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

Pigmentos podem ser entendidos como compostos químicos que absorvem, através de suas ligações químicas, luz em determinado comprimento de onda na região do visível. Podem ser moléculas orgânicas ou inorgânicas, de fontes naturais ou sintetizadas em laboratório (SKOOG et al., 2006).

Nos seres vivos, os pigmentos estão associados a processos bioquímicos essenciais à vida, cuja biossíntese é controlada por uma série de reações envolvendo açúcares e enzimas específicas. No reino vegetal, mais de 2.000 pigmentos ou "compostos cromóforos" foram identificados, sendo os principais a clorofila, as antocianinas, os flavonoides, as betalainas e os carotenoides (ASSIS, 2013).

Os cromóforos são grupos funcionais orgânicos insaturados, encarregados por absorver energia na região do ultravioleta ou do visível, ou seja, essa estrutura absorve energia e excita um elétron para um orbital de maior nível energético, enquanto a energia não absorvida é captada por nossos olhos (SKOOG et al., 2006).

Segundo Milne et al. (2015), as clorofilas mais comuns encontradas nas plantas são a clorofila a e clorofila b. Segundo Lidon e Silvestre (2007), clorofilas, clorofilinas e complexos cúpricos de clorofilinas têm sido utilizadas para conferir aos produtos alimentares cores que variam do verde azeitona a verde escuro, azul esverdeado e azul escuro.

Os carotenóides são corantes responsáveis pela cor alaranjada dos vegetais. Exemplos são licopeno, luteína, zeaxantina, bixina e norbixina, mas constituem extenso número de compostos, muitos dos quais com atividade biológica (COSTA; ROSA, 2016).

De acordo com Lidon e Silvestre (2007), as antocianinas constituem um grupo de corantes naturais que variam do roxo ao azul, podendo apresentar outras cores de acordo com o pH. Podem ser obtidos a partir de frutas como mirtilos, amoras, morangos, groselhas, framboesas e uvas.

Outro pigmento natural que detém atividade antioxidante e, em muitas ocasiões são confundidas com as antocianinas, são as betalainas. As plantas que possuem betalainas têm cores semelhantes às das plantas que contém antocianinas. Sua cor não é afetada pelo pH, ao contrário do que ocorre com as antocianinas (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010).

Segundo Nayak et al. (2006), problemas com a segurança de aplicação de corantes artificiais estimularam a pesquisa sobre pigmentos naturais alternativos. Pigmentos sintéticos podem deixar resíduos tóxicos e, conseqüentemente, podem não ser apropriados para uso em processamentos de alimentos. Por essa razão, a coloração alimentar com corantes artificiais tem sido cada vez mais rejeitada pelos consumidores e, em compensação, a utilização de pigmentos naturais, dentre eles as betalainas, vem ganhando grande importância para a indústria alimentícia (HERBACH et al., 2006).

Nos últimos anos, expandiu o interesse nos pigmentos naturais das plantas, porque uma fonte natural de pigmentos é tida nutricionalmente relevante nas indústrias farmacêutica e de processamento de alimentos, em especial quando, na indústria de alimentos, os pigmentos

vermelhos são comumente usados como aditivos alimentares (SUH et al., 2014).

Os produtos alimentares com cor têm sido evidenciados, uma vez que torna substancialmente a aceitabilidade dos alimentos e estão intrinsecamente ligados a interações multissensoriais, compreendendo a percepção do sabor e a satisfação de desfrutar o alimento. O crescente interesse dos consumidores pelos aspectos estéticos, nutricionais e de segurança dos alimentos tem crescido a procura de pigmentos naturais como as betacianinas para serem aproveitadas como corantes naturais alternativos ou aditivos em produtos alimentares (GENGATHARAN; DYKES; CHOO, 2016).

As antocianinas e os carotenóides são usados, principalmente, enquanto as betalaínas são menos usadas no processamento de alimentos (MORENO et al., 2008). Como representante das betalaínas, o corante empregado na indústria de alimentos é o vermelho de beterraba ou betanina (BRASIL, 1977). No CODEX, a beterraba vermelha é reconhecida como corante alimentar. O código para o corante oriundo da beterraba é INS 162 (CODEX, 2017). No FDA, a beterraba desidratada em pó é a única betanina aprovada como corante (FDA, 2018).

Pitayas contêm dois pigmentos de betalaína, a saber, as betacianinas vermelho-violeta e as betaxantinas amarelo-laranja (WYBRANIEC et al., 2009).

A aparência de cor vermelha na pitaya de polpa vermelha é causada pela presença de pigmento betacianina, que é sintetizado a partir de tirosina (SUH et al., 2014).

2.4 ESTABILIDADE DOS PIGMENTO

Ainda que os corantes sintéticos detenham maior estabilidade, nuances mais diversas e cores vibrantes, seu consumo tem sido incluído como relacionado a muitos efeitos adversos à saúde, como problemas de atenção, hiperatividade, irritabilidade, distúrbios do sono e agressividade em crianças (MASONE; CHANFORAN, 2015).

Devido ao entendimento da saúde dos consumidores modernos, os corantes elaborados a partir de fontes naturais (pigmentos naturais) são opção atraente e ganham popularidade crescente (NGAMWONGLUMLERT; CHIEWCHAN, 2017).

A utilização funcional pretendida de pigmentos naturais para alimentos é requintar a aparência de alimentos e bebidas ou recompor a perda de cor, devido ao processamento e transformação. No entanto, eles têm a desvantagem tecnológica de ter baixa estabilidade em comparação com os corantes sintéticos (CORTEZ et al., 2017).

Os pigmentos sintéticos são considerados mais estáveis que os pigmentos naturais frente

ao calor, oxigênio, pH ou luz. A estabilidade do pigmento natural está correlacionada ao tamanho da molécula, ao tamanho dos agregados absorvidos na superfície da fibra e ao tipo de fixador escolhido. Além disso, dependem da intensidade das radiações que afetam a molécula (raios gama e ultravioleta), pois ocorre a formação de radicais livres que atuam nas instaurações da molécula, responsáveis pela coloração do corante, podendo rompê-la até desaparecimento da cor ou desbotamento (LUCARINI et al., 2017).

Clorofilas, carotenóides, betalaínas e antocianinas são quatro classes relevantes de pigmentos naturais que são numerosas na natureza. Contudo, menos estabilidade e diversidade limitada, em termos de tonalidade da cor, ainda são problemas dos corantes naturais (DELGADO-VERGAS; PAREDES-LÓPEZ, 2003).

Na estabilidade das betalaínas, pigmento este encontrado na casca da pitaya, existe fatores intrínsecos e extrínsecos que acometem a mesma, sendo que todos eles têm de ser avaliados para que, no decorrer da extração dos pigmentos, haja otimização da mesma. A vantagem das betalaínas é que as cores não dependem do pH e são mais estáveis que as das antocianinas no intervalo de pH 3-7 (MIGUEL, 2018). A temperatura é um dos fatores mais relevantes na estabilidade da betalaína, durante o processamento e armazenamento da mesma, pois a estabilidade do pigmento diminui com o aumento da temperatura (SINTZING; CARLE, 2007).

Os pigmentos naturais apresentam maior taxa de degradação, sob exposição à luz. As betalaínas são suscetíveis à degradação, quando expostas à luz e, essa degradação, ocorre pela absorção da luz que ocasiona excitação nos elétrons dos cromóforos das betalaínas, elevando estes elétrons para um maior nível energético e deixando a molécula mais reativa ou com sua energia de ativação reduzida (SINTZING; CARLE, 2007).

Lamentavelmente, todas as classes de pigmentos naturais são instáveis e sensíveis à degradação após a extração. Razões que determinam a estabilização ou desestabilização de corantes naturais são fatores endógenos, incluindo enzimas vegetais como polifenol oxidase e peroxidase, e as condições do meio de extração que estabelecem o destino dos pigmentos naturais, entre os quais a atividade da água, temperatura e oxigênio contéudo, luz e pH são considerados os fatores mais efetivos (SOCACIU, 2007, VILA ET AL., 2015).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Extrair pigmentos da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) e estudar sua estabilidade.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar qual a melhor solução extratora para extrair pigmento da casca de pitaya vermelha, utilizando solventes distintos (metanol 50%, água, etanol 95% e acetona 80%), em diferentes faixas de pH e comprimento de onda (485, 535 e 700nm);
- Extrair o pigmento da farinha da casca de pitaya vermelha, nas melhores condições apresentadas, como forma de agregação de valor ao co-produto agroindustrial;
- Avaliar a estabilidade do pigmento extraído na farinha da casca de pitaya vermelha, frente a diferentes condições de temperatura (ambiente, refrigerado e congelado), ausência e presença de luz, tempo de armazenamento (0- 60 dias) e comprimento de onda (485 e 535nm).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para condução do estudo, os frutos de Pitaya de casca vermelha (*Hylocereus Costaricensis*), foram adquiridas maduras, na Ceasa de Goiânia–GO (Centrais de Abastecimento do Estado de Goiás) – Brasil, e encaminhadas ao laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

4.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

Os frutos de pitaya foram selecionados quanto a ausência de defeitos, lavados em água corrente e sanitizados com hipoclorito de sódio a 100ppm por 15 minutos, visando a retirada de sujidades e impurezas. Em seguida, foram manualmente abertos e separados em casca e polpa (com sementes). As cascas de pitaya (Figura 1a) foram cortadas manualmente e secas em estufa com circulação forçada de ar à 55°C e velocidade de ar de 1,0 m s⁻¹ por um período de 72hs. Após o processo de secagem, foram moídas em moinho (Quimis, Q298 A21) para a obtenção da farinha e foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, selados a vácuo, sendo coberto com papel alumínio para evitar a incidência de luz, e armazenados em freezer a – 18°C até a realização das análises (Figura 2b).

Figura 2. Casca da pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) (A), farinha da casca de pitaya vermelha moída (B).



Fonte: Autor (2018).

4.3 EXTRAÇÃO DE PIGMENTOS COM VÁRIOS SOLVENTES

A extração dos corantes naturais da farinha da casca da Pitaya vermelha foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Naderi et al. (2012) modificada por Fathordoobady et al. (2016), em diferentes soluções extratoras, sendo elas, acetona 80%, água, etanol 95% e metanol 50%. A extração foi realizada à temperatura ambiente. Utilizou-se cerca 2,5g de farinha em 50 ml de cada solução extratora, agitado em agitador magnético por 20 minutos em diferentes faixas de pH, a saber 4,0, 5,0,6,0 para meio ácido o 7,0 neutro e 8,0 e 9,0 para meio básico e, posteriormente, filtrado. Foram utilizados para ajustar o pH, soluções tampão de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, adicionados gota a gota até o ajuste dos valores de pHs desejados. As análises de absorvância e concentração foram realizadas com espectrofotometria Uv-Vis, após 20 minutos de reação, as soluções com o material pigmentado, extraído da casca de pitaya vermelha, foram levados ao espectrofotômetro e lidos em diferentes comprimentos de onda (485, 535 e 700nm).

Utilizou-se delineamento fatorial $6 \times 4 \times 3$ (seis valores de pH, quatro soluções extratoras e três comprimentos de onda) com três repetições em quintuplicata. Para verificar se houve diferenças significativas entre os tratamentos, foi realizado a análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey, ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$), para avaliar as diferenças entre as médias, e os resultados apresentados como média \pm desvio padrão.

4.4 ESTUDO DE ESTABILIDADE DO PIGMENTO EXTRAÍDO DA CASCA DE PITAYA VERMELHA

Foi utilizado cerca de 2,5g de farinha da casca da pitaya com 50ml de água, conforme descrito por Naderi et al. (2012) modificada por Fathordoobady et al. (2016). As soluções foram homogeneizadas até completa solubilização, utilizando agitador mecânico por 20 minutos e, posteriormente, foram filtradas na ausência e presença de luz, em temperatura ambiente. As alíquotas do extrato bruto foram transferidas para frascos de 10mL para posterior análise de estabilidade. Vale ressaltar que a solução extratora, empregada para estudar a estabilidade do pigmento extraído da casca de pitaya vermelha foi a água de melhor resultado na etapa anterior. Inicialmente, a solução com extrato de casca de pitaya vermelha foi ajustada com o melhor pH da etapa anterior. Nesse procedimento, foi utilizado a metodologia de Cejudo-Bastante et al. (2016), com modificações. Os fatores avaliados foram: Luz (ausência e presença), Temperatura (Congelado, refrigerado e Temperatura ambiente), Tempo de armazenamento (0, 15, 30, 45 e

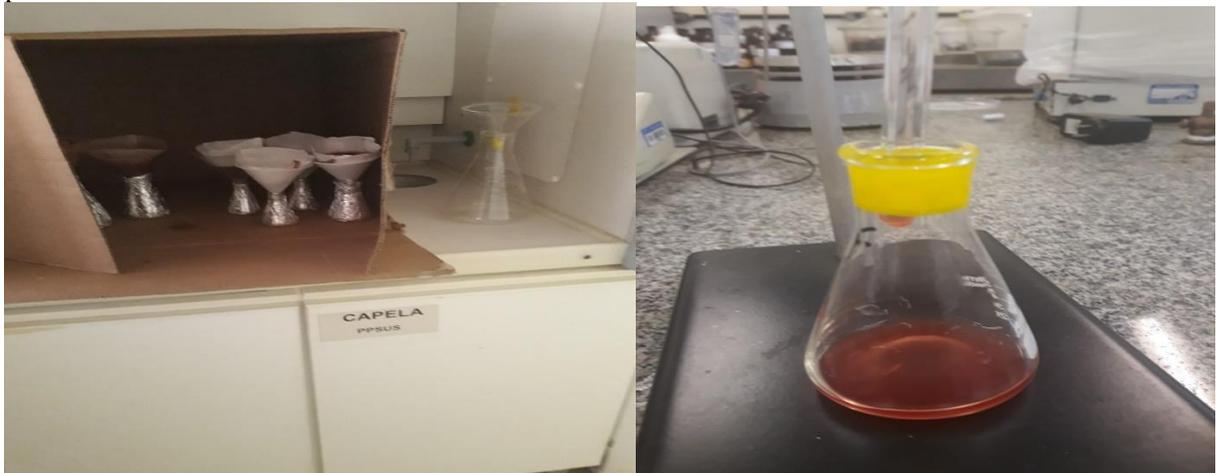
60 dias) e comprimento de onda (485 e 535 nm).

As amostras armazenadas ao abrigo de luz foram envolvidas com papel alumínio para evitar contato com luz. As demais amostras serão submetidas à incidência direta de luz em câmaras compostas por lâmpadas de LED em todo período de armazenamento.

O delineamento utilizado nesta etapa foi o fatorial completo 5x3x2x2 (cinco tempos, três temperaturas, ausência e presença de luz e dois comprimentos de onda) com três repetições em quintuplicata para diferentes tratamentos. As variáveis independentes analisadas serão: temperatura, luz, tempo e comprimento de onda; em relação a variável dependente (resposta) absorvância.

Foi realizado a análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos (tempo, temperatura, ausência e presença de luz) e aplicando o Teste de Tukey ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) para avaliar as diferenças entre as médias e os resultados apresentados como média \pm desvio padrão.

Figura 3. Extração do pigmento da farinha da casca de pitaya vermelha na ausência e presença de luz para estudo da estabilidade.



Fonte: Autor (2019)

4.5 ANÁLISE DE ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Os extratos descritos conforme o item 4.3 foram analisados nos espectros de FTIR e registrados em um Agilent ATR FTIR-Cary 630 à temperatura ambiente na região de comprimento de onda entre 4000 e 400 cm^{-1} foram realizadas 32 varreduras. A posição e a intensidade das bandas de absorção nos espectros de FTIR foram usadas para analisar os grupos funcionais de acordo com as bibliotecas e bibliografia; enquanto a mudança de intensidade foi usada para avaliar a degradação pigmentar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFICIÊNCIA DA EXTRAÇÃO

A Tabela 2 mostra o resultado da ANOVA das análises para melhor solução extratora de pigmentos da farinha da casca de Pitaya em diferentes faixas de pH e em três comprimento de onda.

Tabela 2. Resultado estatístico obtido pelo teste F para a verificar a melhor solução extratora de pigmentos farinha casca de pitaya em diferentes faixas de pH e em três comprimento de onda.

Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis	
	GL	ABS
Solvente	3	13.686398*
pH	5	0.480471
Comprimento de Onda	2	12.063116*
Solvente*pH	15	0.329651
Solvente*Comp. de onda	6	1.491123*
pH*Comp.	10	0.037703
Solvente*pH*Comp.	30	0.013095
Erro	144	0.297548
Total corrigido	215	
CV (%)	46,51	
Média geral	1,172	

Significativo, ao nível de 5% pelo teste F.

É possível observar a influência significativa do solvente extrator e do comprimento de onda isoladamente, bem como da interação dos dois no rendimento final de extração (Tabela 2).

Em relação as faixas de pH, não possuem relevância significativa quanto ao processo de extração. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato dos compostos ricos em betalaínas, pigmento esse presente na casca da pitaya, não serem afetados pelo pH do meio como cita Stintzing e Carle (2007) em seus estudos. A estabilidade da coloração em meio com pH entre 3 e 7 torna particularmente adequada a aplicação do extrato de betalaínas para uma ampla faixa de alimentos ácidos e neutros (STINTZING;CARLE, 2007).

De acordo com Priatni e Pradita (2015), as betalaínas são hidrofílicas e podem se dissolver em água, metanol e etanol, sendo, portanto, possível utilizar esses três solventes diferentes de forma isolada ou em conjunto.

A solubilidade dos pigmentos frente a solução extratora foi variável, apresentando diferenças significativas entre a água e o metanol, acetona e etanol, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Teste de média para avaliar a solubilidade do pigmento da farinha casca da pitaya vermelha nas diferentes soluções extratoras independente do comprimento de ondas.

Solventes Extratores	Média±DP
Metanol 50%	1,769±0,88 ^a
Água	1,410±0,75 ^b
Acetona 80%	0,786±0,42 ^c
Etanol 95%	0,726±0,22 ^c

Valores expressos como média ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre si (Tukey, $p < 0,05$).

É possível observar, ainda, que os solventes etanol e acetona não diferiram significativamente entre si (Tabela 3), no entanto, o metanol 50% foi o que apresentou maior valor de absorvância no processo de extração da farinha da casca da pitaya vermelha, fato que pode ser justificado pelo metanol possuir valor de momento de dipolo próximo ao da água e ambos os solventes serem mais polares do que o etanol e a acetona, podendo afirmar que quanto mais polar for o solvente maior será a extração de pigmentos (MARTINS et al., 2013).

A acetona 80% e o etanol 95% apresentaram valores de absorvância bem inferior ao metanol 50% e a água em relação a extração de pigmento. Estudos revelam que solventes orgânicos polares como a acetona e o etanol apresentam baixa solubilidade de extração, principalmente se o pigmento tiver estrutura hidrofílica e alta polaridade (FATHORDOOBADY et al., 2016).

Um dos pigmentos presentes na pitaya, as betalaínas, são hidrofílicos e solúveis em solventes polares (GONÇALVES; BASTOS, 2012). A literatura aponta, ainda, que a betalaína possui elevada solubilidade em água (FARIDAH, 2017). Isso pode ser demonstrado com os valores de absorvância extratos metanólicos (1,769) e extratos aquosos (1,410) apresentados nesse estudo. Isso pode estar relacionado à alta propriedade hidrofílica das betacianinas. Alguns grupos hidroxila (–OH) existentes nos compostos de betacianinas que levam à polarização de carga e à ligação de hidrogênio são responsáveis pelas propriedades hidrofílicas das betacianinas. (FATHORDOOBADY et al., 2016).

O metanol é o solvente mais comumente utilizado para a extração, devido ao fato da sua polaridade, mas também é considerado mais tóxico e perigoso de manusear do que outros álcoois (FARIDAH; HOLINESTI; SYUKRI, 2015), tornando a água alternativa viável ao processo de extração sem agredir o meio ambiente. Nesse contexto, descartou-se o metanol 50% e considerou-se a utilização apenas da água como solvente extrator para prosseguir a etapa de estabilidade do pigmento extraído.

A água é um solvente polar, que possui maior constante dielétrica e energia de coesão do que outros solventes, como o etanol e acetona. A sua polaridade elevada propicia dissolução efetiva de compostos polares, principalmente aqueles contendo grupamentos hidroxila e ácido carboxílico grupamentos, estes presentes na casca da Pitaya (MARTINS et al., 2013).

A água configura ser o solvente mais verde devido à sua não toxicidade, não corrosividade, não inflamabilidade, natureza ambientalmente benigna e grande quantidade e disponibilidade a baixo custo. Deste modo, pode ser considerado o solvente ideal para extrair compostos polares de fontes naturais (FERRERES et al., 2017).

Fathordoobady et al.(2016), relataram em seus estudos que o rendimento da extração utilizando a água como solvente é potencializado devido à alta propriedade hidrofílica de alguns pigmentos como, por exemplo, as betacianinas. Esse fato pode ocorrer porque alguns grupos hidroxila (-OH), existentes nos compostos de betacianinas, levam à polarização da carga e à ligação de hidrogênio. Assim, a betacianina, que é uma classe da betalaínas, é mais solúvel em água do que em solventes não polares, o que otimiza os processos de extração e separação (NADERI et al., 2012).

A Tabela 4 mostra a influência do comprimento de onda sobre os valores de absorbância durante a extração.

Tabela 4. Teste de média para avaliar quais os melhores resultados para comprimentos de onda durante a extração do pigmento da farinha da casca pitaya vermelha independente do solvente.

Comprimento de onda (nm)	Média±DP
485	1,516±0,84 ^a
535	1,281±0,75 ^b
700	0,719±0,38 ^c

Valores expressos como média ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre si (Tukey, $p < 0,05$).

É possível observar que o melhor resultado foi apresentado no espectro com absorção de 485nm, havendo diferença estatística entre todos os comprimentos de onda estudados (Tabela 4).

Como a abordagem nesse estudo é a maior quantidade extraída de pigmento e o meio mais direto para realizar a quantificação deste é a espectrofotometria, considerou-se os comprimentos de onda 485nm e 535nm como aqueles mais eficazes para a leitura.

A concentração de pigmentos medida por um espectrofotômetro é usada como medida do grau de extração (LIM et al., 2011). O perfil de absorção de betalaínas, pigmento esse

presente na casca da pitaya, é utilizado constantemente para caracterizar as propriedades espectrais destes pigmentos (GONÇALVES et al., 2015). De acordo com García-Cruz et al. (2013), na casca da pitaya, a concentração de betaxantinas é maior que a concentração de betacianina.

Román et al. (2014), afirmam que as betalainas absorvem a luz visível entre 470-480 nm para as betaxantinas (cor amarela) e as betacianinas (cor vermelha) 530-540 nm.

As betaxantinas divergem das betacianinas pela conjugação exclusiva com aminoácidos e aminas, o que proporciona a variabilidade na estrutura da molécula. Esta variação confere desvio de absorbância de 460 a 480nm entre as moléculas (STINTZING;SCHIEBER; CARLE, 2002).

A presença do anel aromático no radical ciclo-Dopa altera a absorção máxima de radiação visível de 480 nm (amarelo, betaxantinas) para próximo de 540 nm (violeta, betacianinas) (AZEREDO, 2009; CAI; SUN; CORKE, 2005; STRACK; VOGT; SCHLIEMANN, 2003). A alteração dos grupos variáveis que compõem o pigmento dá-se em função das diferentes fontes de onde podem ser conseguidos esses pigmentos e, conseqüentemente, determinam a sua tonalidade e estabilidade (KHAN,2016).

Assim, os resultados deste estudo corroboram com os descritos por Azeredo (2009), no qual os pigmentos presentes na casca da Pitaya como a betacianinas e as betaxantinas absorvem respectivamente em torno de λ_{max} = 540 nm e 480 nm e com Darmawi (2011) que afirma que a betacianina é mostrada nos comprimentos de onda máximos que variam de 534 - 555nm.

A absorbância resultante com valores diferente do processo de extração da farinha casca da pitaya, usando vários tipos de solventes ocorre porque a capacidade e a natureza do solvente na dissolução dos pigmentos são distintos (FARIDAH, 2017).

É possível observar, na Tabela 2, a influência significativa da interação do solvente extrator e do comprimento de onda. Diferentes resultados de absorbância foram obtidos com o uso de metanol, água, acetona e etanol. Isso indicou que o rendimento de extração de pigmentos da casca de pitaya vermelha estava intimamente relacionado ao solvente de extração utilizado.

A absorbância da farinha da casca da pitaya mostram uma ampla faixa de frequência de comprimento de onda entre 200 nm e 700 nm, localizada dentro da faixa visível e com três picos principais localizados em 485, 535 e 700 nm.

A quantidade de pigmento é medida pelo comprimento de onda, onde pode verificar a sua máxima absorção. Nesse estudo observou-se que o pico de metanol e água foram os mais altos nos comprimentos de onda 485 e 535nm, corroborando com Al-alwani et al. (2015), que relata que o tipo de solvente afeta o espectro de absorção dos corantes.

Khan e Giridhar (2014), em seus estudos registraram absorvência em 477 nm no qual forneceram valor misto de betaxantinas + betacianinas, não apenas betaxantinas, enquanto que em 535 nm apenas as betacianinas absorvem.

Nesta faixa estão as betalaína que são caracterizados por uma absorvência máxima em cerca de 535 nm (λ_{max}) para as betacianinas vermelho-púrpuras (betanina com $\lambda_{max} = 535$ nm e betanidina com $\lambda_{max} = 542$ nm) e perto de 480 nm para as betaxantinas amarelas (indicaxantina, comum) (DUMBRAVA et al., 2012). Os autores citados acima estudaram os espectros de absorção de corantes extraídos da beterraba vermelha nas mesmas condições sensíveis ao solvente. A intensidade dos espectros de absorção é aproximadamente igual à do metanólico (544nm), extratos aquosos (542nm) e extrato etanólico (532nm).

No espectro de absorção do pigmento *H. costaricensis* extraído pelos solventes água e metanol nesse estudo observamos pico de corante de betanina em 535nm de comprimento de onda, bem como em outro pico a 485nm de comprimento de onda, devido à presença de corante amarelo betaxantina.

5.2 ESTABILIDADE DO PIGMENTO EXTRAÍDO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA VERMELHA

Os resultados do estudo da estabilidade do extrato de pigmento extraído da farinha da casca de Pitaya frente a diferentes condições de armazenamento (Ambiente, Refrigelado e Congelado), tempos distintos (0-60 dias), com presença e ausência de luz e em diferentes comprimento de onda (485 e 535nm) estão apresentados na Tabela 5.

É possível observar, pela Tabela 5, a influência significativa da temperatura, luz, tempo e comprimento de onda isolados e com suas interações na estabilidade do pigmento do extrato aquoso da farinha da casca de pitaya. As interações luz e comprimento de onda e a interação tripla das variáveis não apresentaram diferenças significativas.

O resultado geral deste estudo mostra que os pigmentos extraídos das cascas de pitaya são termicamente instáveis.

Tabela 5. Resultado da análise de variância dos pigmentos farinha casca da Pitaya vermelha pelo teste F para verificar a estabilidade do pigmento.

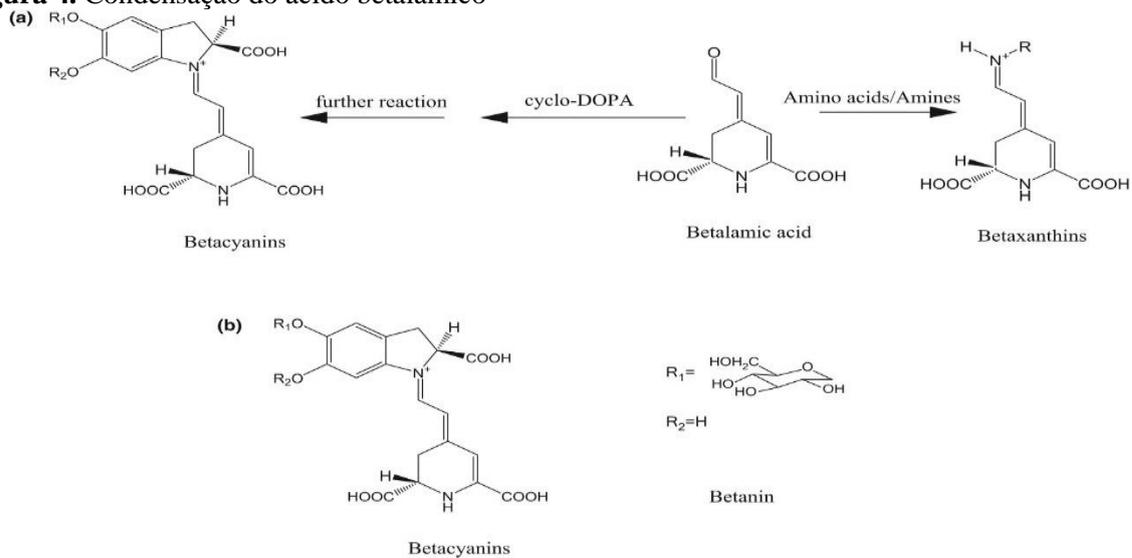
Causas de variação	Quadrado Médio das Variáveis	
	GL	ABS
Temperatura(T)	2	10,9183*
Cond. armazenamento(Ca)	1	1,3925*
Tempo (t/dias)	4	4,3049*
Comprimento de Onda (CO)	1	4,9072*
T*Ca	2	0,7154*
T*t	8	0,8363*
T*CO	2	0,3834*
Ca*t	4	1,4704*
Ca*CO	1	0,0054
t*CO.	4	0,0896*
T*Ca*t	1,172	0,0121
Erro	262	0,0088
Total corrigido	299	
CV (%)	4,26	
Média geral	2,21	

*Significativo, ao nível de 5% pelo teste F.T: Temperatura; Ca: Condições de armazenamento; t: Tempo/dias;CO: Comprimento de onda

A condensação do ácido betalâmico com aminoácidos ou amina leva a formar betaxantinas (amarelas) ou com *ciclo*- DOPA (L3, 4-di-hidroxi-fenilalanina), que podem ou não sofrer glicosilação e acilação para produzir betacianinas (vermelho-púrpura) (LIU et al., 2019), como pode ser observado na Figura 4a e 4b. Isso resulta em estabilidade diferente das estruturas dos pigmentos. Essas mudanças estruturais oferecem diferentes níveis de estabilidade para cada molécula (HERBACH et al., 2006). Em termos de estrutura molecular, o estudo de Vergara et al. (2014), está de acordo com Robert et al. (2015), indicando que a estrutura molecular desempenha um papel na estabilidade da Betalaína.

A natureza química das betalaínas, incluindo seu grau de glicosilação e acilação, também afeta sua estabilidade e varia de acordo com a fonte da qual o pigmento foi extraído (KHAN, 2016).

Várias enzimas endógenas, incluindo β -glucosidase, polifenoloxidase e peroxidase na presença de oxigênio, são responsáveis pela degradação da betacianina e perda de cor (AZEREDO, 2009).

Figura 4. Condensação do ácido betalâmico

a) contém duas reações. Com aminoácidos ou amina e *ciclo- DOPA*, o ácido betalâmico reage para produzir betacianinas e betaxantinas, respectivamente. (b) contém a fórmula estrutural de betacianinas e betanina. (LIU et al., 2019).

A betacianina é um composto hidrofílico que existe em grande quantidade na pitaya vermelha. É o principal constituinte do pigmento responsável por sua cor e, também, pelas atividades biológicas. Contudo, é suscetível e facilmente afetado pela temperatura, umidade, luz, acidez, solventes, cátions, agentes quelantes, oxigênio, algumas enzimas e radicais livres (CELLI; BROOKS, 2017).

Estudo relatado por Ruiz-gutiérrez et al.(2015), também mostra que, entre os fatores que causam a quebra molecular das betalainas, a temperatura de armazenamento é um dos mais críticos.

As concentrações de fitoquímicos (incluindo pigmentos) nos frutos dependem do gênero, espécie, maturação, cultivar, estação e região de crescimento (PÉREZ-LOREDO et al., 2016).

É possível observar (Tabela 6) que houve diferença significativa a 5% pelo teste Tukey, entre as concentrações de pigmento nos tempos de armazenamento de 0 a 60 dias nas temperaturas de congelamento, refrigeração e ambiente. Tal comportamento pode ser justificado pelo fato de que, entre as diferentes variáveis estudadas, a temperatura é o fator mais relevante que afeta a degradação de pigmentos (RESHMI et al., 2012).

De acordo com Herbach et al (2006), a betacianina pode se decompor e se regenerar dependendo da temperatura.

A degradação de pigmento é mais rápida nas condições ambientais do que nas condições refrigeradas. Esse fenômeno é semelhante à observação anterior de que a taxa de degradação

das betacianinas foi mais rápida em temperaturas mais altas do que em temperaturas mais baixas (AZEREDO, 2009). Calor, temperatura, luz e acidez podem aumentar a isomerização, descarboxilação ou clivagem de betanina (AZEREDO 2009; CZYZOWSKA et al., 2006; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; ALMELA, 2001).

Entre as três temperaturas diferentes estudadas os pigmentos presentes na farinha da casca de pitaya se mostraram mais estáveis na temperatura de congelamento. Nesse contexto, Miguel et al. (2018), destacam que na indústria de alimentos, os pigmentos betalaína são utilizados apenas em alimentos congelados, laticínios de baixa temperatura e alimentos com prazo de validade curto justamente para evitar sua a degradação.

Tabela 6. Teste de média para para avaliar a estabilidade do pigmento da farinha da casca pitaya vermelha em diferentes temperaturas de armazenamento isoladamente.

Temperatura	Média±DP
Ambiente	1,98±0,28 ^c
Refrigerado	2,06±0,30 ^b
Congelado	2,59±0,39 ^a

Valores expressos como média ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Os resultados deste estudo mostram que os pigmentos extraídos do extrato de pitaya são termicamente instáveis durante o tempo armazenamento (Figura 5). Isso se deve ao fato da betalaínas, pigmento presente na casca da pitaya, sofrerem degradação por desglicosilação, descarboxilação, desidrogenação e isomerização (SAWICKI; WICZKOWSKI, 2018) e hidrólise (VERGARA et al., 2014).

As betalainas podem ser regeneradas após o processamento térmico, por meio do uso de ácidos, segundo Herbach et al. (2006), e esses mesmos autores constataram que a incorporação de ácido isoascórbico, em solução de betacianinas antes ou após o aquecimento (a 100°C), ajudou a regenerar as betacianinas. As betacianinas regeneradas foram restauradas quase completamente após 24 h (armazenamento no escuro a 25°C) (HERBACH et al., 2006).

Por outro lado, as betaxantinas degradadas não puderam ser regeneradas pelo uso de ácido isoascórbico, devido à sua instabilidade em condições ácidas (STINTZING; CARLE, 2008). Então, o ácido orgânico é um pré-tratamento adequado para melhorar a estabilidade do corante vermelho das betacianinas, mas não do corante amarelo das betaxantinas (HERBACH et al., 2006).

Ao longo de 60 dias foi feita leitura espectrofotométrica com intervalo de 15 dias para cada tempo de armazenanmento e a variação desses parâmetros está representada nos gráficos

da Figura 5.

Marchuk et al. (2019), relatam que em temperaturas mais altas, o declínio nos sinais de absorvância associados a pigmentos durante o armazenamento é mais acentuado (Figura 5), comportamento esse observado claramente nesse experimento na temperatura de refrigeração e ambiente.

As diferentes taxas de degradação de pigmento do extrato aquoso, durante o armazenamento a temperatura ambiente (Figura 5), pode ter ocorrido, provavelmente, devido à isomerização de betanina a isobetanina, que é conhecida por ocorrer em tratamento térmico aeróbico (HERBACH et al., 2007).

O comportamento aqui observado é coerente com o observado Brunini e Cardoso (2011), na qual as pitayas armazenadas as temperaturas de 13°C e 8°C que apresentaram vida útil de 25 dias, aumento de 20 dias em relação às frutas armazenadas a temperatura ambiente, e de 10 dias em relação a vida útil das armazenadas a 18°C.

Observa-se (Figura 5) que, quando a temperatura é menor (congelamento), os valores de absorvância têm um acréscimo considerável entre o tempo 0 e 15 dias e observa-se a degradação do pigmento a partir de 30 dias de estocagem.

Essa degradação pode ser em decorrência da presença de ácidos orgânicos que podem interagir com os pigmentos em temperatura de congelamento produzindo polímeros de produtos de degradação diminuindo a sua estabilidade (MAEADA et al., 2007). Os ácidos orgânicos podem inibir a atividade sequestradora de oxigênio do ácido ascórbico degradando assim o pigmento (LEVY et al., 2019).

A degradação do pigmento pode ser mais acelerada por outros ácidos orgânicos como ácido cítrico e ácido ascórbico que possuem um valor de pKa mais baixo resultando em uma perda de cor mais rápida (KUNNIKA; PRANEE, 2011).

Resultados apresentados por Khan; Giridhar (2014) e Wu et al. (2020), que quando temos a presença de ácidos orgânicos em grande concentração não existe o efeito protetor nos pigmentos, pois reduz a estabilidade dos mesmos, provavelmente devido à atividade pró-oxidante do peróxido de hidrogênio formada durante a degradação do ácido ascórbico em desidroascórbico. A proteção dos pigmentos contra a degradação na presença de ácidos orgânicos é melhor em alta temperatura e reduz com a diminuição da temperatura.

Resultado esse encontrado por Mirsaedghazi et al. (2014), que a cor da casca de romã congelada mostrou que as antocianinas totais diminuíram cerca de 62,96% após o 9º dia de armazenamento congelado (-10°C). Efeito semelhante foi encontrado no suco de romã congelado que as antocianinas totais diminuíram cerca de 11% após 20 dias de armazenamento

congelado (-25 ° C).

As cascas de pitaya são uma fonte promissora de fenóis naturais. A estabilidade do pigmento durante o congelamento pode ter sido decorrente da presença destes compostos, tendo em vista que os mesmos podem atuar como co-pigmentos (KIM et al., 2011). A complexação molecular dos pigmentos com outros fenólicos é o principal mecanismo de estabilização da cor.

O comportamento (Figura 5) dos extratos de pitaya mantidos sob refrigeração durante o período de armazenamento demonstrou um valor de absorvância alto nos primeiros 15 dias, ocorrendo uma diminuição no intervalo de 15 a 45 dias, e posterior acréscimo no tempo subsequente de 60 dias.

Esse aumento de pigmentos no tempo de armazenamento 15 dias pode ser justificada pelo fato de que as betalaínas, um dos pigmentos presentes na pitaya, têm maior estabilidade a baixas temperaturas, sendo 4°C a temperatura que permite manter a estabilidade dos compostos betalâmico em comparação com temperaturas mais altas.

Corroborando o que foi descrito por Leong et al. (2018), que a retenção de pigmentos do extrato casca da pitaya a 4°C de armazenamento escuro foi de $42,77 \pm 1,14\%$ após 10 dias.

As atividades enzimáticas endógenas também podem contribuir para a descoloração durante o processamento e armazenamento (JAGANNATH et al., 2015). A posterior degradação após 15 dias pode ser em decorrência, durante o armazenamento refrigerado, devido as atividades de enzimáticas endógenas, principalmente glicosiltransferases e aciltransferases envolvidas na biossíntese de betacianina, que contribuem para a descoloração do pigmento. (BELHADJ SLIMEN et al., 2017).

Outra possibilidade da degradação é uma possível hidrólise no extrato aquoso devido a uma enzima descolorante de betacianina como foi relatado por Gengatharan et al. (2016), em seus estudos que pode ocorrer uma hidrólise nos pigmentos na pitaya vermelha para formar ácido betalâmico e ciclo-dopa-5- O- glicosídeo que induz a perda do teor de pigmentos durante o armazenamento refrigerado.

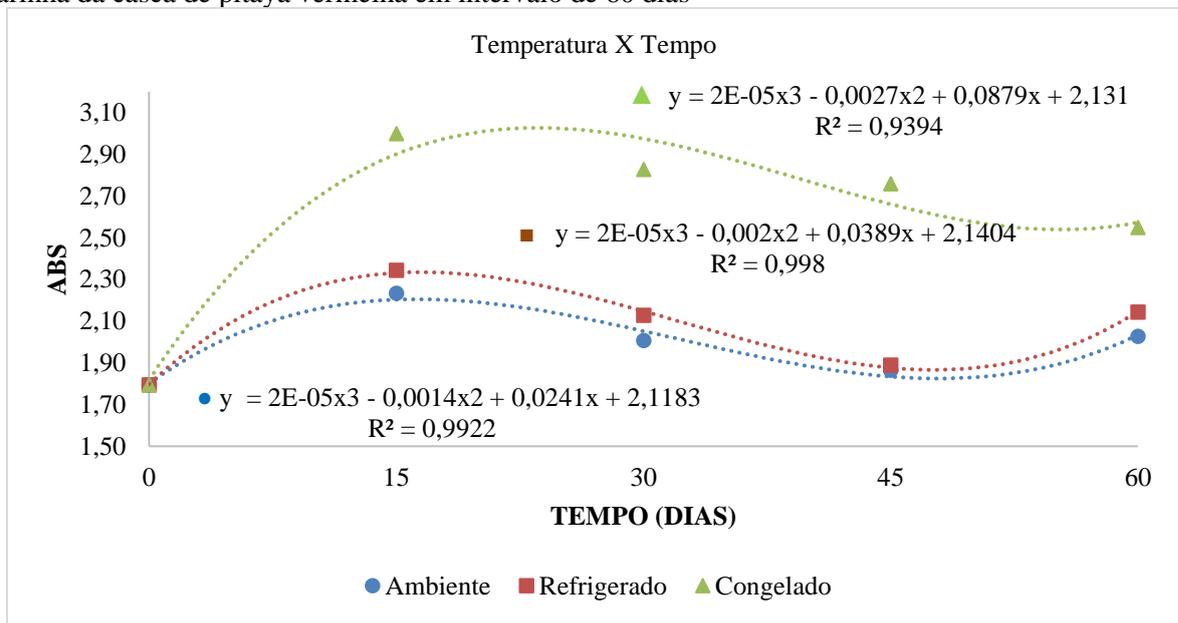
No entanto, a betacianina também pode exibir a capacidade de degradar e regenerar continuamente durante o armazenamento, pois a reação é reversível, mantendo assim as concentrações de pigmentos segundo Silva et al. (2019), comportamento esse observado nesse estudo na temperatura refrigerada após 45 dias de armazenamento.

O processo de regeneração do pigmento na sequência de armazenamento refrigerado é baseado em produtos hidrolíticos da betaína. O processo compreende a condensação do grupo amina do ciclo-DOPA-5-O-glicosídeo com o grupo aldeído do ácido betalâmico (STINTZING, CARLE, 2007). Essa regeneração acelera quando cada componente é reagido em estado de

solução pode ser devido as betacianinas serem capazes de se regenerar desde que os blocos básicos de construção, como o anel ciclo-DOPA e o ácido betalâmico, estejam presentes para reformar os cromóforos da betacianina (HERBACH et al., 2006).

Considerando o comportamento da degradação dos pigmentos, torna-se necessário basear a escolha da forma de armazenamento, do extrato, de acordo com o tempo que este produto precisará ser armazenado. A quantidade de pigmentos no final do armazenamento difere notavelmente, dependendo das condições de temperatura.

Figura 5. Efeito da temperatura de armazenamento nos parâmetros de estabilidade pigmento extrato da farinha da casca de pitaya vermelha em intervalo de 60 dias



A estabilidade do pigmento é afetada por vários fatores externos e específicos ao pigmento. A exposição à luz é um dos fatores de extrema relevância (SOLOVCHENKO et al., 2019). É possível observar na Tabela 7 que houve diferença significativa a 5% pelo teste Tukey na estabilidade do pigmento da Pitaya na presença e a ausência de luz.

Tabela 7. Teste de média para avaliar a estabilidade do pigmento da farinha da casca de pitaya na ausência e presença de luz.

Luz	Média±DP
Ausência	2,28±0,54 ^a
Presença	2,14±0,35 ^b

Valores expressos como média ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Muitos pigmentos naturais são substâncias fotossensíveis a luz e pode, em algumas circunstâncias, acelerar a degradação dos pigmentos naturais (na faixa de 50 W). A estabilidade

das betalaínas, pigmento presente na casca da pitaya, foi afetada pela luz, cuja degradação da cor é causada pela absorção das ondas UV (MANCHALI et al., 2013; JANISZEWSKA, 2014).

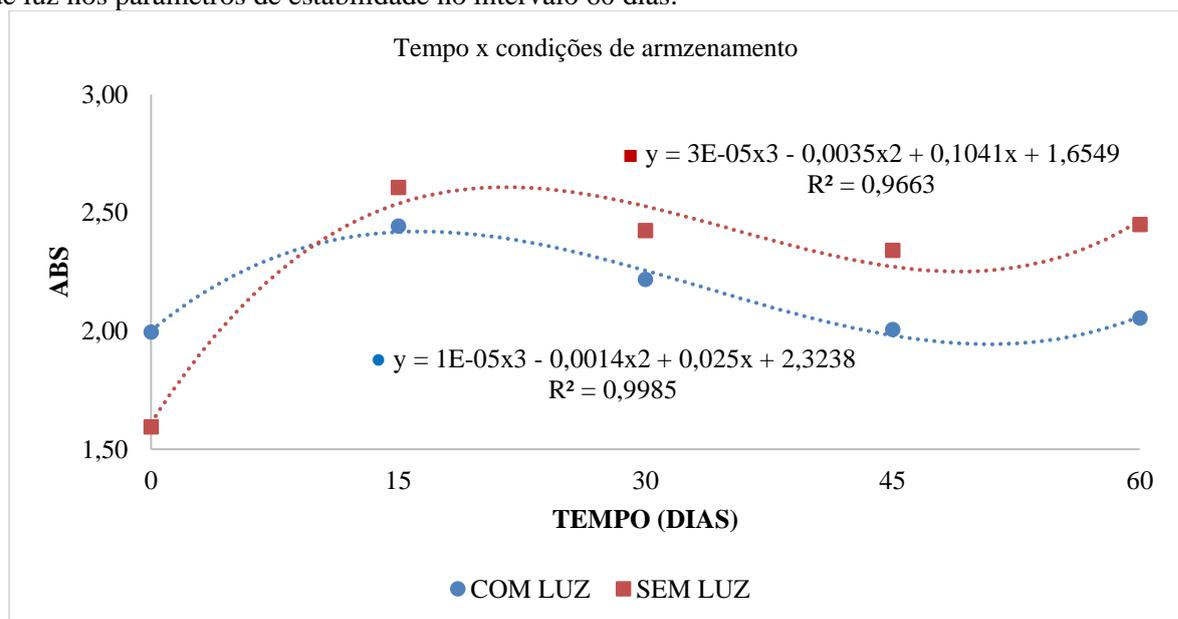
A exposição à luz é um dos principais causas que atingem a estabilidade das betalaínas, semelhante a outros pigmentos naturais, como antocianinas ou carotenóides. Além do que, as características bioativas atribuídas a esses compostos, como atividade antioxidante e capacidade de eliminação de radicais livres, podem ser alteradas sob exposição à luz.(GANDÍA-HERRERO,2013).A absorção de luz UV ou visível ativa os elétrons π dos cromóforos de betalaína para um estado mais energético (π^*), aumentando a reatividade ou diminuindo a energia de ativação a molécula (WONG; SIOW,2015).

No entanto, Herbach et al. (2004) indicaram que a degradação dos pigmentos pela luz depende da presença de oxigênio, uma vez que isso não ocorre em condições anaeróbias.

A tolerância do pigmento à luz pode ser dependente do pH, e a betanina em soluções ácidas análogas às encontradas nos vacúolos de células vegetais era estável, com uma degradação limitada devido à exposição à luz (GUERRERO-RUBIO et al., 2019).

As amostras foram expostas à luz com lâmpadas de LED e o espectro de absorvância foi registrado em intervalos regulares e os resultados da estabilidade pigmentar dos extratos aquosos da farinha da casca da pitaya são apresentados na Figura 6. O estudo mostrou ainda que o pigmento sofre instabilidade com a presença de luz com o decorrer do tempo de armazenamento.

Figura 6. Efeito do extrato pigmentario da farinha da casca da pitaya armazenados ausência e presença de luz nos parâmetros de estabilidade no intervalo 60 dias.



O comportamento do processo de degradação indica que a concentração de pigmento na presença de luz começou a cair partir de 30 dias de armazenamento havendo uma perda maior com 45 dias de armazenamento.

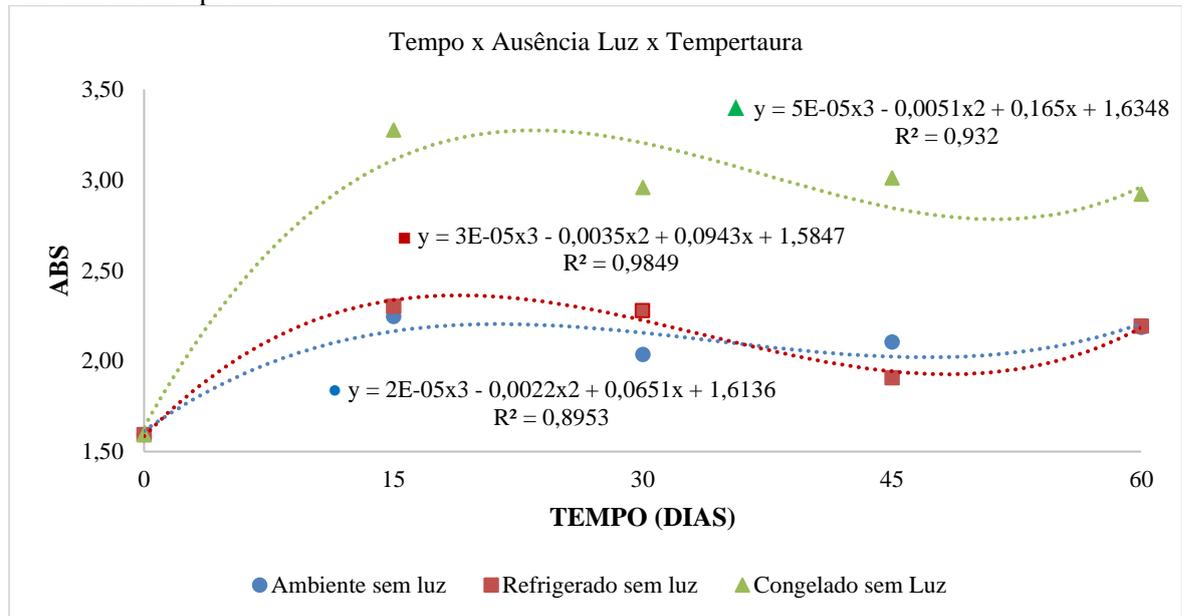
O comportamento aqui observado é coerente com o observado por Wu et al. (2020), que avaliaram a degradação de frutos de pitaya e verificaram, significativamente, o retardo pelo tratamento com luz. O índice de decaimento reduziu de 86,22% no controle para 15,23% no fruto tratado com luz. Sugeriu que o tratamento com luz poderia atrasar efetivamente a deterioração dos frutos em pitaya, embora não pudesse remover a ocorrência da deterioração (WU et al., 2020).

Durante o experimento, pôde-se observar que no tratamento sem luz e no tempo zero, houve concentração inferior de pigmento se compararmos ao mesmo tempo no tratamento com luz. Isso pode ser explicado por Manchali et al. (2013) que diz que nem todas as fontes de luz geram degradação de betalaínas, mas que a luz de diferentes comprimentos de onda pode causar efeito de cor aditivo nas betalaínas. Assim, Shin et al. (2003) sugerem também que a luz azul em combinação com a luz infravermelha induz ao maior acúmulo de betacianinas.

Resultado também encontrado por Zhao et al. (2010), estes relataram que a tendência do teor de betacianina, afetada pela intensidade da luz, era que o teor de betacianina inicialmente aumentava e atingia o nível mais alto em uma certa quantidade de luz e depois diminuía, em geral, com aumento na intensidade da luz branca, vermelha ou azul, respectivamente.

Os resultados do presente trabalho sugerem que as condições de armazenamento, após 45 dias congelado e em ambiente escuro (Figura 7), pode reter uma quantidade maior de pigmentos, principalmente as betacianinas, porque as betacianinas são relativamente estáveis baixa temperatura e sem intensidade de luz. Intensidade e temperatura da luz mais altas aumentam a reatividade à degradação de pigmentos naturais, como as betacianinas (ESATBEYOGLU et al., 2015).

Figura 7. Efeito do extrato pigmentario da farinha da casca da pitaya armazenados na ausência de luz em diferentes temperaturas



Os espectros de absorção dos extratos de pitaya vermelha foram registrados, usando espectrofotômetro visível no UV, cuja absorbância foi em dois comprimentos de onda, onde verificou-se que houve diferença significativa a 5% pelo teste Tukey na estabilidade como demonstrado na Tabela 8. As absorbâncias do espectro apresentaram picos definidos correspondentes aos comprimentos de onda de 485 e 535nm como os melhores nesse estudo.

Tabela 8. Teste de média para avaliar a estabilidade do pigmento farinha da casca pitaya vermelha de frente diferentes comprimento de onda.

Comprimento de Onda	Média±DP
485nm	2,33±0,40a
535nm	2,08±0,48b

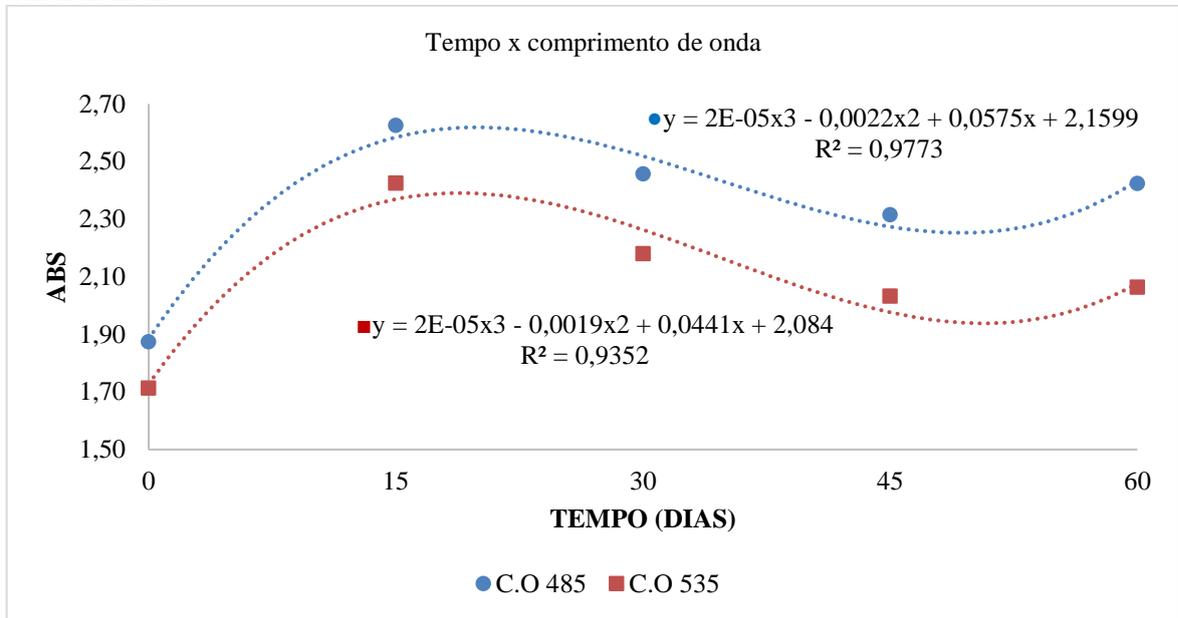
Valores expressos como média ± desvio padrão; letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística entre si (Tukey, $p < 0,05$)

Como resultado, verificou-se que a maior estabilidade do pigmento, na soluções aquosas foi na absorbância 485nm, Corroborando com o que foi encontrado por Fathordoobady et al. (2016), que disseram que os pigmentos de betalaína são caracterizados por uma absorbância máxima em cerca de 535 nm (λ max) para as betacianinas vermelho-púrpuras (betanina com λ max = 535 nm e betanidina com λ max = 542 nm) e perto de 480 nm para as betaxantinas amarelas (indicaxantina, a betaxantina comum encontrada na raiz de beterraba vermelha com λ max = 482 nm); para o ácido betalâmico λ max = 424 nm.

Como se observa na Figura 8, houve cinética de primeira ordem em relação ao valor de absorbância do extrato aquoso da pitaya. Verifica-se um pico no tempo de armazenamento de

15 dias e posterior declínio entre 15 e 45 dias, com acréscimo no tempo de 60 dias e sempre com o comprimento de onda de 485nm com maiores valores de absorvância.

Figura 8. Espectro de absorvância do pigmento da farinha casca pitaya em diferentes tempos de armazenamento.



5.3 ANÁLISE DO EXTRATO AQUOSO DA FARINHA DA CASCA DE PITAYA VERMELHA POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

A análise espectral por infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) foi realizada para identificar os principais grupos funcionais presentes no pigmento extraído em condições de temperatura ambiente na presença de luz.

O espectro de FTIR representado na Figura 9 mostra dois picos distintos em 3263.870 e 1636.807. Os grupos funcionais quimicamente ativos do pigmento da farinha da casca da pitaya vermelha extraídos usando água como solvente e identificados por espectroscopia FTIR são mostrados na Figura 9. O resultado do FTIR mostra dois picos principais na faixa do espectro dos números de onda da absorvância de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} .

A presença de grupos funcionais na betacianina como hidroxila, carbonila, metila e éteres é confirmada (Figura 9). Duas bandas de absorção características dos grupos funcionais de betalaínas foram observadas. O espectro mostra a presença de grupos hidroxila (O-H) e amina (N-H) como um forte modo de alongamento de banda larga, aparecendo entre 3200 cm^{-1} - 3600 cm^{-1} corroborando o que foi verificado por Purushothamreddy et al, (2019).

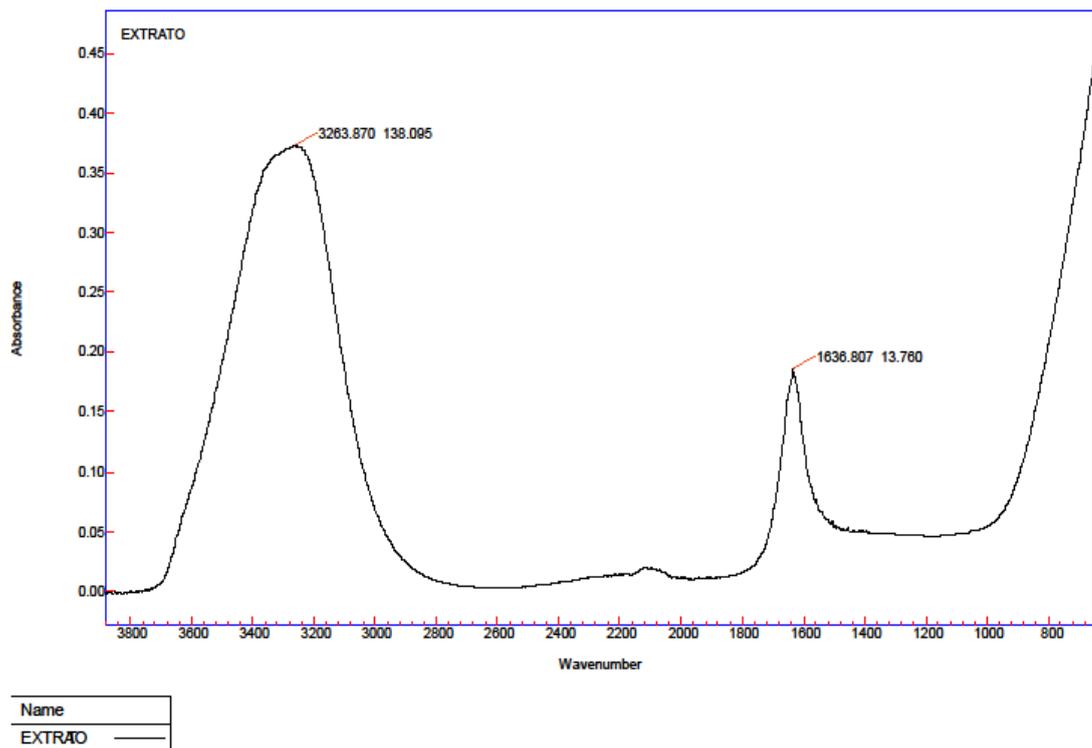
A banda larga e forte em 3263.870 cm^{-1} sugere ligação (OH) no modo de vibração de

alongamento e a banda em 1636.807 cm^{-1} confirmou a presença do grupo carbonila ($\text{CO}=\text{O}$) no modo de alongamento associado à ligação amida.

Kumar et al. (2017), observaram em seus estudos a banda em 3359 cm^{-1} foi atribuída à vibração de alongamento da ligação -OH e a banda localizada em 1624 cm^{-1} foi atribuída à vibração de alongamento da $\text{C}=\text{N}$ (MOLINA et al., 2014). As principais características vibração de alongamento e a banda em 1636.807 cm^{-1} estão associadas a compostos carbonílicos característicos da molécula de betanina pigmento presente na pitaya.

A presença de amina (N-H) e carbonil ($\text{CO}=\text{O}$) e outros grupos funcionais confirmou que o pigmento vermelho-púrpura extraído da casca da pitaya pertence ao grupo das betalaínas e betacianina.

Figura 9. O resultado do FTIR do extrato aquoso da farinha da casca da pitaya vermelha varia de 4000 cm^{-1} a 600 cm^{-1} .



6 CONCLUSÃO

A farinha da pitaya vermelha é uma fonte potencial de pigmentos de alimentos para o presente e o futuro, além de ter grande potencial para medicina e produção industrial. Os resultados obtidos no presente estudo indicaram que solventes polares como o metanol e a água forma eficientes no processo de extração de pigmento da farinha da casca da pitaya vermelha.

O presente estudou demonstrou que as leituras espectrofotométricas possibilitaram a determinação do melhor comprimento de onda para avaliação da melhor solução extratora e por consequência a utilização dos referidos comprimentos (485nm e 535nm) de onda para avaliar a estabilidade do pigmento em condições de temperatura (ambiente, refrigerado e congelado) e armazenamentos distintos (0 a 15 dias). Os estudos demonstraram que o valor do pH não teve influência significativos na obtenção da melhor solução extratora.

A temperatura foi um fator chave para determinar a decomposição dos pigmentos da farinha da casca da pitaya. Temperatura mais baixa (congelamento) durante o período de armazenamento melhorar a estabilidade da cor. Além disso, em temperatura de refrigeração pode promover a regeneração dos pigmentos. A ausência de luz durante o período de armazenamento foi o que apresentou menor perda de cor no extrato aquoso do pigmento.

A pesquisa atual sobre a produção de corantes natural envolve a busca de fontes novas e economicamente viáveis, métodos adequados de pré-tratamento e extração, avanços na tecnologia de processamento e estabilização, disponibilidade de amplo espectro de cores, melhor qualidade de pigmentos sem sabor, possibilidade de desenvolvimento de formulações fortificadas contendo certos outros componentes bioativos e nutricionais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ACEITUNO MELGAR, V. **Propiedades de colorantes naturales secados con técnicas alternativas a nivel laboratorio como alternativa al FD y C Rojo N° 40 en alimentos**. 2010. 335 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

AL-ALWANI, M. A., MOHAMAD, A. B., KADHUM, A. A. H., & LUDIN, N. A. Effect of solvents on the extraction of natural pigments and adsorption onto TiO₂ for dye-sensitized solar cell applications. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 138, p. 130-137, 2015.

ASSIS, O. B. G. A asa da borboleta e a nanotecnologia: cor estrutural. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 1-9, 2013.

AZEREDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability—a review. **International journal of food science & technology**, v. 44, n. 12, p. 2365-2376, 2009.

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. F. P. D., GALUCHI, T. P. D., & BAKKER, S. T. Propagação da pitaya'vermelha'por estaquia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006.

BELHADJ SLIMEN, I; NAJAR, T.; ABDERRABBA, M. Chemical and antioxidant properties of betalains. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 4, p. 675-689, 2017

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**, v. 43, n. 2, p. 153-161, 2009.

BERTAGNOLLI, S. M. M., SILVEIRA, M. L. R., FOGAÇA, A. D. O., UMANN, L., & PENNA, N. G. Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour. **Food Science and technology**, v. 34, n. 2, p. 303-308, 2014.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução n° 44, de 1 de janeiro de 1977**. Estabelece As Condições Gerais de Elaboração, Classificação, Apresentação, Designação, Composição e Fatores Essenciais de Qualidade dos Corantes Empregados Na Produção de Alimentos e Bebidas. Coleção de Leis da República Federativa do Brasil. Diário Oficial, Brasília, 1977. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/legislacaoalimentos_000fgqfs0fv02wyiv8020uvkpsom46kk.htm> . Acesso em: 3 novembro 2019.

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

BURNS, J., GARDNER, P. T., MATTHEWS, D., DUTHIE, G. G., LEAN, J., & CROZIER, A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 12, p. 5797-5808, 2001.

CAI, Y.-Z.; SUN, M.; CORKE, H. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 370-376, 2005.

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**, v. 53, n. 5, p. 2405-2413, 2016.

CELLI, G. B.; BROOKS, M. S-L. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins—A current review. **Food Research International**, v. 100, p. 501-509, 2017.

CHEW, Y. M.; HUNG, C-H.; KING, V. A-E. Accelerated storage test of betalains extracted from the peel of pitaya (*Hylocereus cacti*) fruit. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 3, p. 1595-1600, 2019.

CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; PARRA-SALDÍVAR, R.; SANDATE-FLORES, L. Pitaya (*Stenocereus* spp.). **Encyclopedia of food and health**. Elsevier, Amsterdam, pp 385–391, 2016.

CODEX ALIMENTARIUS. International Food Standards: Codex general standard for food additives. Codex Stan 192-1995. Revision 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex>> Acesso em: 10 Dez. 2019.

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.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio, 2016.

CORTEZ, R., LUNA-VITAL, D. A., MARGULIS, D., & GONZALEZ DE MEJIA, E. Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 1, p. 180-198, 2017.

CZYŻOWSKA, A.; KLEWICKA, E.; LIBUDZISZ, Z. The influence of lactic acid fermentation process of red beet juice on the stability of biologically active colorants. **European Food Research and Technology**, v. 223, n. 1, p. 110-116, 2006.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENEMMA, O. R. **Química de alimentos de fenemma**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 9, p. 452-481, 2008.

- DARMAWI, A. W. Optimasi proses ekstraksi, pengaruh pH dan jenis cahaya pada aktivitas antioksidan dari kulit buah naga (*Hylocereus p*). 2013. Tese de bacharel, Universidade Pelita Harapan
- DE LIMA, C. A., FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V., & BELLON, G. Fruit physico-chemical characteristics of two species of pitaya. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 377-383, 2014.
- DE MELLO, F. R. Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos. 2014. 100 f. 2014. Tese de Doutorado. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal Do Paraná, Curitiba.
- DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão acadêmica**, v. 5, n. 1, 2004.
- DELGADO-VARGAS, F.; PAREDES-LOPEZ, O. **Natural colorants for food and nutraceutical uses**. CRC press, 2002.
- DE SOUZA FERNANDES, L. M., VIEITES, R. L., LIMA, G. P. P., DE LIMA BRAGA, C., & DO AMARAL, J. L. Caracterização do fruto de pitaia orgânica. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, 2017.
- DUMBRAVĂ, A., ENACHE, I., OPREA, C. I., GEORGESCU, A., & GÎRȚU, M. A. Toward a more efficient utilisation of betalains as pigments for dye-sensitized solar cells. **Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)**, v. 7, n. 1, 2012.
- ETXABIDE, A., URANGA, J., GUERRERO, P., & DE LA CABA, K. Development of active gelatin films by means of valorisation of food processing waste: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 192-198, 2017.
- ESATBEYOGLU, T., WAGNER, A. E., SCHINI-KERTH, V. B., & RIMBACH, G.. Betanin—A food colorant with biological activity. **Molecular nutrition & food research**, v. 59, n. 1, p. 36-47, 2015.
- FARIDAH, A.; HOLINESTI, R.; SYUKRI, D. Betalains from Red Pitaya Peel (*Hylocereus polyrhizus*): Extraction, Spectro-photometric & HPLC-DAD Identification, Bioactivity & Toxicity Screening. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 14, n. 12, p. 976-982, 2015.
- FARIDAH, A. Pengaruh umur simpan buah naga dan jenis pelarut terhadap ekstraks betasianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*)(Save Life Effect And Type Of Solvent For Betasianin Extraction Of Red Pitaya Peel (*Hylocereus Polyrhizus*)). **Jurnal Teknologi Pangan**, v. 10, n. 2, 2017.
- FATHORDOOBADY, F., MIRHOSSEINI, H., SELAMAT, J., & MANAP, M. Y. A. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus* flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction. **Food chemistry**, v. 202, p. 70-80, 2016.
- FDA. US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Summary of color additives for use in the United States in foods, drugs, cosmetics, and medical devices**. Disponível em: <<https://www.fda.gov/industry/color-additive-inventories/summary-color-additives-use-united-states-foods-drugs-cosmetics-and-medical-devices#table1A>>. Acesso em: 01 dezembrode

2019.

FERNANDES, L. M. S.; VIEITES, R. L.; LIMA, G. P. P.; Braga, C. L. & AMARAL, J. L. Caracterização do fruto de pitaia orgânica. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, 2017

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; ALMELA, L. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. **Journal of Chromatography A**, v. 913, n. 1-2, p. 415-420, 2001.

FERRERES, F., GROSSO, C., GIL-IZQUIERDO, A., VALENTÃO, P., MOTA, A. T., & ANDRADE, P. B. Optimization of the recovery of high-value compounds from pitaya fruit by-products using microwave-assisted extraction. **Food chemistry**, v. 230, p. 463-474, 2017.

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.

GANDÍA-HERRERO, F., CABANES, J., ESCRIBANO, J., GARCÍA-CARMONA, F., & JIMÉNEZ-ATIÉNZAR, M. Encapsulation of the most potent antioxidant betalains in edible matrixes as powders of different colors. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 18, p. 4294-4302, 2013.

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

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, S. P. Stability of betacyanin from red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and its potential application as a natural colourant in milk. **International journal of food science & technology**, v. 51, n. 2, p. 427-434, 2016.

GONDIM, J. A. M., MOURA, M. D. F. V., DANTAS, A. S., MEDEIROS, R. L. S., & SANTOS, K. M. Centesimal composition and minerals in peels of fruits. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GÓMEZ, M.; MARTINEZ, M.M. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 13, p. 2119-2135, 2018.

GONÇALVES, L. C. P.; BASTOS, E. L. Betalaínas: semissíntese, capacidade antirradicalar e aplicação como sondas em sistemas biológicos. **Universidade Federal do ABC**, 2012.

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, n. 1, p. 292-309, 2015.

GUDIÑA, E. J., RODRIGUES, A. I., DE FREITAS, V., AZEVEDO, Z., TEIXEIRA, J. A., &

RODRIGUES, L. R. Valorization of agro-industrial wastes towards the production of rhamnolipids. **Bioresource technology**, v. 212, p. 144-150, 2016.

GUERRERO-RUBIO, M. A., ESCRIBANO, J., GARCÍA-CARMONA, F., & GANDÍA-HERRERO, F. Light Emission in Betalains: From Fluorescent Flowers to Biotechnological Applications. **Trends in Plant Science**, 2019.

HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 6, p. C491-C498, 2004.

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

HERBACH, K. M. STINTZING, F. C.; CARLE, R. Effects of processing and storage on juice colour and betacyanin stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 5, p. 649-658, 2007.

HO, L.-H.; ABDUL LATIF, N. W. B. Nutritional composition, physical properties, and sensory evaluation of cookies prepared from wheat flour and pitaya (*Hylocereus undatus*) peel flour blends. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1136369, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . Resultados do Censo Agropecuário 2017. Cartograma - Pitaia do Brasil por Quantidade produzida. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76371>. Acesso em: 02 fev. 2020.

IZIDORO, D. R., SCHEER, A. D. P., NEGRE, M. F. D. O., HAMINIUK, C. W. I., & SIERAKOWSKI, M. R. Physical-chemical, colorimetric and sensorial characteristics of the emulsion formulation stabilized with green (unripe) banana pulp. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 67, n. 3, p. 167-176, 2008.

JAGANNATH, A.; KUMAR, M.; RAJU, P. S. Fermentative stabilization of betanin content in beetroot and its loss during processing and refrigerated storage. **Journal of food processing and preservation**, v. 39, n. 6, p. 606-613, 2015.

JANISZEWSKA, E. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. **Powder Technology**, v. 264, p. 190-196, 2014.

JERONIMO, M. C. **Caracterização química, físico-química, atividade antioxidante e avaliação dos efeitos citotóxicos da pitaia-vermelha [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] cultivada no Brasil**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

JUNQUEIRA, K. P., FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V., BELLON, G., LIMA, C. A. D., & SOUZA, L. S. D. Diversidade genética de pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 819-824, 2010.

KABIR, F., TOW, W. W., HAMAUZU, Y., KATAYAMA, S., TANAKA, S., & NAKAMURA, S. Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. **Food chemistry**, v. 167, p. 358-362, 2015.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5178-5185, 2001.

KHAN, M. I.; GIRIDHAR, P. Enhanced chemical stability, chromatic properties and regeneration of betalains in *Rivina humilis* L. berry juice. **LWT-Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 649-657, 2014.

KHAN, M. I. Stabilization of betalains: A review. **Food chemistry**, v. 197, p. 1280-1285, 2016.

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**, v. 76, n. 1, p. C38-C45, 2011.

KUMAR, S. N. A., RITESH, S. K., SHARMILA, G., & MUTHUKUMARAN, C. Extraction optimization and characterization of water soluble red purple pigment from floral bracts of *Bougainvillea glabra*. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S2145-S2150, 2017.

KUNNIKA, S.; PRANEE, A. Influence of enzyme treatment on bioactive compounds and colour stability of betacyanin in flesh and peel of red dragon fruit *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 4, 2011.

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

LEONG, H. Y., OOI, C. W., LAW, C. L., JULKIFLE, A. L., PAN, G. T., & SHOW, P. L. Investigation of betacyanins stability from peel and flesh of red-purple pitaya with food additives supplementation and pH treatments. **LWT**, v. 98, p. 546-558, 2018.

LEVY, R.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. The influence of chemical structure and the presence of ascorbic acid on anthocyanins stability and spectral properties in purified model systems. **Foods**, v. 8, n. 6, p. 207, 2019.

LIAOTRAKOON, W., DE CLERCQ, N., VAN HOED, V., & DEWETTINCK, K. Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) seed oils: their characterization and stability under storage conditions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 90, n. 2, p. 207-215, 2013.

LIDON, F. J. C.; SILVESTRE, M. M. A. S. F. **Indústrias Alimentares: Aditivos e Tecnologias**. 1 ed. São Paulo: Escolar, 2007.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T.; 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**. v.35, n.2, 2013.

LIM, S. D., YUSOF, Y. A., CHIN, N. L., TALIB, R. A., ENDAN, J., & AZIZ, M. G. Effect of extraction parameters on the yield of betacyanins from pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) pulps. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 2, p. 158-162, 2011.

LIU, B., YE, C., GENG, L., & ZHOU, W. Betacyanins in dragon fruit peels: the kinetic models of their degradation under different treatment conditions. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 10, p. 2949-2962, 2019.

LUCARINI, A. C., TABU, A. S. F. Z., DA SILVA, F. D. F. R., DE ANDRADE MORAES,

G., PIAZON, G. I., & ZURAWSKI, M. P. Estudo da extração de corante natural que confere proteção ultravioleta em fibras naturais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 2, p. 082-094, 2017.

MAEDA, R. N., PANTOJA, L., YUYAMA, L. K. O., & CHAAR, J. M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh). **Food Science and Technology**, v. 27, n. 2, p. 313-316, 2007.

MAHAYOTHEE, B., KOMONSING, N., KHUWIJITJARU, P., NAGLE, M., & MÜLLER, J. Influence of drying conditions on colour, betacyanin content and antioxidant capacities in dried red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **International journal of food science & technology**, v. 54, n. 2, p. 460-470, 2019.

MANCHALI, S., MURTHY, K. N. C., NAGARAJU, S., & NEELWARNE, B. Stability of betalain pigments of red beet. In: **Red beet biotechnology**. Springer, Boston, MA, 2013. p. 55-74.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Recovery of antioxidant phenolics from white vinification solid by-products employing water/ethanol mixtures. **Bioresource technology**, v. 98, n. 15, p. 2963-2967, 2007.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B.. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, São Paulo , v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013

MARTINS, N. J. et al. Quantificação de antocianinas e compostos fenólicos em pitaiá vermelha (*hylocereus polyrhizus*) e branca (*hylocereus undatus*) produzidas na região norte de minas gerais. In: **VI Seminário de Iniciação Científica do IFNMG.2017**, Almanara. Anais... Almenara: IFNMG - Campus Almenara, 2017.

MARCHUK, M., SELIG, M. J., CELLI, G. B., LAWRENCE, P., SMILGIES, D. M., & ABBASPOURRAD, A.. Mechanistic investigation via QCM-D into the color stability imparted to betacyanins by the presence of food grade anionic polysaccharides. **Food hydrocolloids**, v. 93, p. 226-234, 2019.

MATHARU, A. S.; DE MELO, E. M.; HOUGHTON, J. A. Opportunity for high value-added chemicals from food supply chain wastes. **Bioresource technology**, v. 215, p. 123-130, 2016.

MASONE, D.; CHANFORAN, C. Study on the interaction of artificial and natural food colorants with human serum albumin: A computational point of view. **Computational biology and chemistry**, v. 56, p. 152-158, 2015.

MELO, E. de A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MIGUEL M.G; GAGO C.; VALENTE R.; GUERREIRO, A.; ANTUNES, D.; MANHITA, A.; BARROCAS-DIAS, C. Qualitative evaluation of fruits from different *Opuntia ficus-indica* ecotypes/cultivars harvested in South Portugal. **Journal of food biochemistry**, v. 42, n. 6, p. e12652, 2018.

MILNE, B. F.; TOKER, Y.; RUBIO, A.; NIELSEN, S. B. Unraveling the intrinsic color of chlorophyll. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 54, n. 7, p. 2170-2173, 2015.

MIRSAEEDGHAZI, H.; EMAM-DJOMEH, Z.; AHMADKHANIHA, R.. Effect of frozen storage on the anthocyanins and phenolic components of pomegranate juice. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 2, p. 382-386, 2014.

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

MOLDOVAN, S.. **Investigación del proceso de tintura sobre tejidos de algodón con colorantes naturales extraídos de micro y macro algas: *Arthrospira platensis*, *Synechococcus sp.*, *Ulva sp.*** 2016. 76 f. Monografía (Departamento de Ingeniería Textil y Papelera) Politécnica Superior de Alcoy - Universitat Politècnica de València, 2016.

MOLINA, G. A., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, A. R., CORTEZ-VALADEZ, M., GARCÍA-HERNÁNDEZ, F., & ESTEVEZ, M. Effects of tetraethyl orthosilicate (TEOS) on the light and temperature stability of a pigment from *Beta vulgaris* and its potential food industry applications. **Molecules**, v. 19, n. 11, p. 17985-18002, 2014.

MORENO, D. A., GARCÍA-VIGUERA, C., GIL, J. I., & GIL-IZQUIERDO, A. Betalains in the era of global agri-food science, technology and nutritional health. **Phytochemistry Reviews**, v. 7, n. 2, p. 261-280, 2008.

NADERI, N., GHAZALI, H. M., HUSSIN, A. S. M., AMID, M., & MANAP, M. Y. A. Characterization and quantification of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) betacyanin pigments extracted by two procedures. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci**, v. 35, n. 1, p. 33-40, 2012.

NAYAK, C. A., CHETHANA, S., RASTOGI, N. K., & RAGHAVARAO, K. S. M. S. Enhanced mass transfer during solid-liquid extraction of gamma-irradiated red beetroot. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 75, n. 1, p. 173-178, 2006.

NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of vine and columnar cacti. **Cacti: biology and uses**, p. 185-197, 2002.

NGAMWONGLUMLERT, L.; D., S.; CHIEWCHAN, N. Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 15, p. 3243-3259, 2017.

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

OLIVEIRA, L. A.; ABREU, W. C., OLIVEIRA, C. L.; PINTO, K. M.; CARVALHO, G. B. M.; BARCELOS, M.F.P. Composição química da pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e branca (*Hylocereus undatus*). Anais. In: **XIX Congresso de pós-graduação da UFPA, 2010**.

OMIDZADEH, A., YUSOF, R. M., ROOHINEJAD, S., ISMAIL, A., BAKAR, M. Z. A., & BEKHIT, A. E. D. A. Anti-diabetic activity of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit. **RSC Advances**, v. 4, n. 108, p. 62978-62986, 2014.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y .; CARRILLO-SALAZAR, J. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Uma breve revisão. **Comunicata Scientiae** , v. 3, n. 4, p. 220-237, 19 de dezembro de 2012.

PEREIRA, M. C. **Avaliação de compostos bioativos em frutos nativos do Rio Grande do Sul**. 131 f. 2011. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de PPGCTA, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PÉREZ-LOREDO, M. G.; GARCÍA-OCHOA, F.; BARRAGÁN-HUERTA, B. E. Comparative analysis of betalain content in *Stenocereus stellatus* fruits and other cactus fruits using principal component analysis. **International journal of food properties**, v. 19, n. 2, p. 326-338, 2016.

PÉREZ-LOREDO, M. G., JESÚS, H. D., & BARRAGÁN-HUERTA, B. E. Extracción de compuestos bioactivos de Pitaya Roja (*Stenocereus stellatus*) aplicando pretratamientos con microondas, ultrasonido y enzimáticos. **Agrociencia**, v. 51, n. 2, p. 135-151, 2017.

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

PURUSHOTHAMREDDY, N., DILEEP, R. K., VEERAPPAN, G., KOVENDHAN, M., & JOSEPH, D. P. Prickly pear fruit extract as photosensitizer for dye-sensitized solar cell. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, p. 117686, 2019.

RESHMI, S. K.; ARAVINDHAN, K. M.; DEVI, P. Suganya. The effect of light, temperature, pH on stability of betacyanin pigments in *Basella alba* fruit. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 5, n. 4, p. 107-110, 2012.

ROBERT, P., TORRES, V., GARCÍA, P., VERGARA, C., & SÁENZ, C. The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 1039-1045, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food Research International**, v. 124, p. 200-205, 2019.

ROHIN, M. A. K., BAKAR, A., ABDULLAH, C., & ALI, A. M. Isolation and characterization of oligosaccharides composition in organically grown red pitaya, white pitaya and papaya. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, n. S2, p. 131-136, 2014.

ROMÁN, M., ANICETO, C., PINEDA, S., ALATRISTE, I., & RIVERA, V. Extracción y estudio cinético de la degradación de las betalainas presentes en la bugambilia fucsia (*Bougainvillea* sp), una alternativa como colorante alimentario. **Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-VI**, p. 51, 2014.

RUIZ-GUTIÉRREZ, M. G., AMAYA-GUERRA, C. A., QUINTERO-RAMOS, A., PÉREZ-CARRILLO, E., RUIZ-ANCHONDO, T. D. J., BÁEZ-GONZÁLEZ, J. G., & MELÉNDEZ-PIZARRO, C. O. Effect of extrusion cooking on bioactive compounds in encapsulated red cactus pear powder. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 8875-8892, 2015.

RUZAINAH, A. J., AHMAD, R., NOR, Z., & VASUDEVAN, R. Proximate analysis of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **American Journal of Applied Sciences**, v. 6, n. 7, p. 1341-1346, 2009.

RYMBAI, H.; SHARMA, R. R.; SRIVASTA V. M. Bio-colorants and its implications in health and food industry—a review. **International Journal of Pharmacological Research**, v. 3, n. 4, p. 2228-2244, 2011.

SÁNCHEZ, J. G.; BERNABÉ, N. S.; BERNABÉ, P. S. Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de " betarraga". **Sciendo**, v. 13, n. 2, 2013.

SANTOS, C. D.; CASSINI, A. S. **Extração, clarificação e estabilização de betalaínas provenientes de talos de beterraba vermelha (Beta vulgaris L.)**.153 f, 2017. Tese (Doutorado em engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

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

SANTOS, G. B. M., DIONÍSIO, A. P., MAGALHÃES, H. C. R., DE ABREU, F. A. P., LIRA, S. M., DE LIMA, A. C. V.; DASILVA G. S.; GUEDES; J. A. C.; ARAUJO; I. M. S.; ARTUR; A. G.; PONTES, D. F. ZOCOLO, G. J. Effects of processing on the chemical, physicochemical, enzymatic, and volatile metabolic composition of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (FAC Weber) Britton & Rose). **Food Research International**, v. 127, p. 108710, 2020.

SARMENTO, J. D. A. **Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro**, 145 f, 2017. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Rio Grande do Norte, Mossoró , 2017.

SATO, S. T. A., RIBEIRO, S. D. C. A., SATO, M. K., & SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físicoquímica de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 1, n. 2, p. 16-46, 2014.

SAWICKI, T.; WICZKOWSKI, W. The effects of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacities of red beetroot products. **Food chemistry**, v. 259, p. 292-303, 2018.

SHIN, K. S., MURTHY, H. N., HEO, J. W., & PAEK, K. Y. Induction of betalain pigmentation in hairy roots of red beet under different radiation sources. **Biologia plantarum**, v. 47, n. 1, p. 149-152, 2003.

SIGURDSON, G. T.; TANG, P.; GIUSTI, M. M. Natural colorants: Food colorants from natural sources. **Annual review of food science and technology**, v. 8, p. 261-280, 2017.

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, A. C. C. **Pitaiá: Melhoramento e produção de mudas**. 2014, 586f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) - Universidade Estadual Paulista-UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2014.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., & HOLLER, F. J. . **Fundamentos de Química Analítica**, Tradução da 8ª Edição norteamericana. São Paulo: Editora Thomson, 2006. 1124 p.

SOCACIU, C. **Food colorants: chemical and functional properties**. CRC Press, 2007.

SOLOVCHENKO, A.; YAHIA, E. M.; CHEN, C. Pigments. In: **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. Woodhead Publishing, 2019.

SONG, H., CHU, Q., XU, D., XU, Y., & ZHENG, X. Purified betacyanins from *Hylocereus undatus* peel ameliorate obesity and insulin resistance in high-fat-diet-fed mice. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 1, p. 236-244, 2016.

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**, v. 11, n. 2, 2016.

STRACK, D.; VOGT, T.; SCHLIEMANN, W. Recent advances in betalain research. **Phytochemistry**, v. 62, n. 3, p. 247-269, 2003.

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

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

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Betalains - perspectivas emergentes para cientistas de alimentos. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 10, p. 514-525, 2007.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Analysis of betalains. **Food colorants. Chemical and functional properties**. Ed. C. Socaciu. **CR Press Taylor & Francis Group**, p. 507-520, 2008.

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

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP**.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. Disponível em :< https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em: Setembro de 2019.

TAN, J. B. L.; LIM, Y. Y.; LEE, S. M. Rhoem spathacea (Swartz) Stearn leaves, a potential natural food colorant. **Journal of Functional Foods**, v. 7, p. 443-451, 2014.

UTPOTT, M. **Desenvolvimento de farinha de pitaya de polpa Vermelha (*hylocereus polyrhizus*) e microcápsulas de Betalainas como ingredientes alimentares**. 114 f, 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porta Alegre, 2019.

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

VERGARA, C., SAAVEDRA, J., SÁENZ, C., GARCÍA, P., & ROBERT, P. Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. **Food chemistry**, v. 157, p. 246-251, 2014.

VIEIRA TEIXEIRA DA SILVA, D., DOS SANTOS BAIÃO, D., DE OLIVEIRA SILVA, F., ALVES, G., PERRONE, D., MERE DEL AGUILA, E., & M FLOSI PASCHOALIN, V. Betanin, a natural food additive: Stability, bioavailability, antioxidant and preservative ability assessments. **Molecules**, v. 24, n. 3, p. 458, 2019.

VILA, M. M.D.C; CHAUD, M. V.; BALCÃO, V.r M. Microencapsulation of natural antioxidant pigments. In: **Microencapsulation and Microspheres for Food Applications**. Academic Press, 2015. p. 369-389.

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**, 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.

WONG, Y.M e SIOW, L.F. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 5, p. 3086-3092, 2015.

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

WU, L. C., 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**, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

WU, Q., ZHOU, Y., ZHANG, Z., LI, T., JIANG, Y., GAO, H., & YUN, Z. Effect of blue light on primary metabolite and volatile compound profiling in the peel of red pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 160, p. 111059, 2020.

WYBRANIEC, S., STALICA, P., JERZ, G., KLOSE, B., GEBERS, N., WINTERHALTER, P.; SPÓRNA, A.; SZALENIECC, M.; MIZRAHI, Y. Separation of polar betalain pigments from cacti fruits of *Hylocereus polyrhizus* by ion-pair high-speed countercurrent chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 41, p. 6890-6899, 2009.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus* cacti. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6086-6089, 2002.

XU, L.; ZHANG, Y.; WANG, L. Structure characteristics of a water-soluble polysaccharide purified from dragon fruit (*Hylocereus undatus*) pulp. **Carbohydrate polymers**, v. 146, p. 224-230, 2016.

ZHAO, S. Z., SUN, H. Z., CHEN, M., & WANG, B. S. Light-regulated betacyanin accumulation in euhalophyte *Suaeda salsa* calli. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 102, n. 1, p. 99-107, 2010.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. Pitaya (dragon fruit, strawberry pear). Manoa: University of Hawaii, **Fruits and Nuts**, 2004. 3p.